ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 MAI 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Pentecôte, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 2 juin au lieu du lundi 1er.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Nouveau générateur à courant continu 500 000 volts.* Note [1] de M. d'Arsonval.

Les recherches des laboratoires industriels s'orientent vers l'utilisation de tensions alternatives de plus en plus élevées. C'est ainsi que je vous ai décrit dernièrement le laboratoire ampère destiné à des essais sur des isolateurs, pouvant fournir 1 million de volts en courant alternatif.

Au contraire, les travaux des laboratoires de physique s'orientent vers l'utilisation des potentiels très élevés, mais de courant continu.

A cette occasion qu'il me soit permis de rappeler que les hauts potentiels, tant alternatifs que continus, sont appliqués depuis longtemps en électricité médicale. Qu'il me suffise de citer les nombreux dispositifs de haute fréquence que j'ai présentés à l'Académie depuis 1892 et les meubles producteurs de rayons X établis avec le concours de M. Gaiffe.

Les générateurs actuels à courant continu donnant 250000 volts et 30 milliampères, les ampoules à rayons X immergées dans l'huile, etc. sont le prolongement de ces recherches et de cette collaboration continue.

---

[1] Séance du 2 mars 1925.

La médecine, depuis Galvani s'efforce d'apporter sa contribution aux progrès de l'électricité.

Dans la lutte entreprise contre le cancer à l'aide de ce matériel il semble bien que les résultats seront d'autant plus intéressants que la longueur d'onde sera plus courte, ce qui nécessitera des potentiels de plus en plus élevés. C'est ainsi que dernièrement à la Société des Électriciens, son président, M. le Dr Broca, envisage dans l'avenir l'utilisation d'ampoules radiogènes fonctionnant à un potentiel de 1 million de volts.

Dans le domaine de la physique pure, la connaissance approfondie de l'atome, l'espoir de sa désintégration engagent les physiciens à essayer des courants continus à potentiel élevé. Notre confrère M. Perrin compte bientôt utiliser un générateur de plus de 500000 volts qu'il doit aux fonds de la Journée Pasteur. C'est ce générateur dont les essais viennent d'être terminés, que nous allons décrire.

En fait, ce générateur n'est que la prolongation des générateurs de courant continu à tension constante, 250000 volts, dont de nombreux exemplaires existent, tant en France qu'à l'étranger, pour l'alimentation des ampoules radiogènes destinées à la radiothérapie profonde pour la lutte contre le cancer. Les avantages de cet appareil ont été signalés dès 1915 par MM. Ledoux-Lebard et Dauvillier.

En principe, ce générateur est constitué par un condensateur chargé à haut potentiel, à l'aide d'un courant alternatif à haute tension dont les alternances sont sélectionnées à l'aide de soupapes à cathodes incandescentes. Ces soupapes, dénommées « Kénotrons », sont essentiellement constituées par un filament de tungstène roulé en hélice et porté à l'incandescence à l'aide d'un courant de 7 à 8 ampères sous quelques volts. Concentriquement à ce filament, se trouve placé un cylindre de molybdène; ces deux électrodes sont contenues dans un ballon complètement vide de gaz.

Si l'on établit une différence de potentiel alternatif entre les deux électrodes ci-dessus indiquées, sous l'influence de l'effet Edison, le courant passera facilement lorsque le filament incandescent sera négatif, tandis qu'il rencontrera une résistance infinie lorsque ce filament sera positif. Il en résulte un effet soupape permettant au courant haute tension de passer facilement dans un sens et d'être complètement arrêté dans le sens contraire.

En plaçant en série dans le circuit haute tension d'un transformateur, un de ces kénotrons et un condensateur, on peut obtenir un courant toujours

de même sens dans le condensateur, et par suite, ce dernier appareil emmagasine une certaine quantité d'électricité à l'état statique. On aura ainsi utilisé une des alternances d'un courant alternatif haute tension pour obtenir une charge d'électricité continue dans un condensateur.

Cette charge pouvant d'ailleurs être utilisée au moment choisi, et en particulier d'une manière continue même pendant le temps de la charge. C'est ainsi que sur un courant alternatif à 50 périodes on peut charger un condensateur d'une capacité de $\frac{2}{100}$ de microfarad à un potentiel de 75000 volts et le décharger d'une manière permanente à 10 milliampères, sans que les variations de potentiel de ce dernier circuit d'utilisation soient supérieures à 5 pour 100. Le condensateur agira donc là comme un réservoir d'électricité régularisant les débits intermittents fournis 50 fois par seconde par le transformateur et le kénotron.

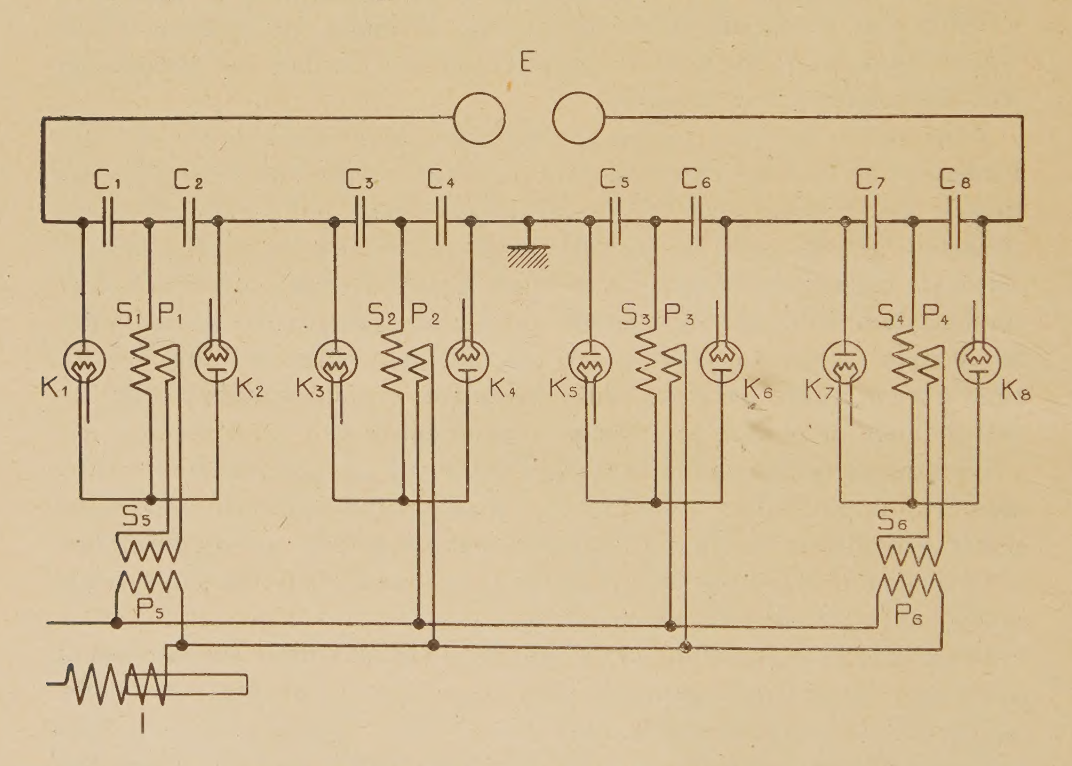
Pour utiliser les deux alternances fournies obligatoirement par le transformateur de courant alternatif haute tension, il suffira de monter en sens inverse sur ce même secondaire un deuxième kénotron et un deuxième condensateur qui, lui aussi, se chargera 50 fois par seconde au même potentiel. Les deux condensateurs montés en série, chargés chacun à 75000 volts, permettent donc d'obtenir un courant continu au potentiel de 150000 volts. M. Marius Latour a montré qu'en associant deux ensembles ainsi constitués par un transformateur, deux kénotrons et deux condensateurs, on peut monter facilement au potentiel de 300000 volts.

En mettant le point milieu à la terre, les isolements pourront être réalisés sans trop de difficultés. C'est de cette manière que sont établis les nombreux générateurs destinés à l'alimentation des ampoules radiogènes dont il est question précédemment; pour des raisons de sécurité, on limite volontairement le potentiel de ce générateur à 250 kilovolts.

Il est facile de concevoir qu'en mettant à chacune des extrémités de ce générateur deux autres groupes identiques pouvant fournir 150 kilovolts, on portera le potentiel total à 600000 volts. Les isolements par rapport au sol seront alors complétés par des transformateurs intermédiaires, qui n'auront à supporter qu'une tension de 150000 volts; les groupes extrêmes étant montés sur des plates-formes munies d'isolateurs, de façon à permettre à tout l'ensemble d'être porté au potentiel de 150000 volts par rapport au sol.

Le schéma ci-après permet de se rendre compte des connexions des divers éléments entre eux. On voit en C_1, C_2, C_3, C_4, ..., C_8 les condensateurs; K_1, K_2, K_3, K_4, ..., K_8 les kénotrons assurant la sélection des alter-

nances du courant alternatif; S_1, S_2, S_3, S_4 les secondaires des transformateurs haute tension; P_1, P_2, P_3, P_4 les primaires de ces mêmes transformateurs dont les extrêmes P_1, P_4 sont connectés aux secondaires S_5, S_6 des transformateurs élévateurs de tension destinés à les isoler du sol pour 150000 volts. Les primaires P_1 et P_4 sont connectés au potentiel de 150000 volts par rapport au sol; les primaires P_2, P_3, P_5, P_6 sont connectés à la source de courant alternatif de 220 volts par exemple. Une self de réglage intercalée dans le circuit de ce primaire permet de régler le potentiel aux bornes des primaires et par suite le potentiel haute tension qui détermine le potentiel à courant continu auquel se trouve chargé chacun des condensateurs.



C'est ainsi que l'on peut régler très facilement la tension du courant continu fourni par ce générateur, chacun des kénotrons $K_1, K_2, \ldots, K_8$ a naturellement son filament alimenté par un petit transformateur auxiliaire fournissant les 7 à 8 ampères et les quelques volts nécessaires à les chauffer.

Ces transformateurs ont des isolements prévus pour pouvoir supporter les potentiels auxquels sont portés ces électrodes; dans les différents circuits sont prévues des résistances destinées à amortir les émissions de haute

fréquence qui pourraient se produire par suite de charge brusque des condensateurs s'il se produit une étincelle soit entre deux points du circuit, soit à l'utilisation.

Pour éviter les effluvations qui pourraient se produire, les conducteurs à haute tension sont constitués par des tubes de gros diamètre terminés par des sphères d'au moins 10^{cm} de diamètre, pour une tension de 300000 volts par rapport au sol. La mesure de ce potentiel de 600000 volts est très difficile à faire exactement, et jusqu'à présent on n'a pu utiliser que les potentiels explosifs entre des sphères de grand diamétre. Pour ces générateurs, on a prévu deux sphères de 50^{cm} de diamètre.

Pour un potentiel de 600000 volts continu, l'étincelle jaillit lorsque ces sphères sont écartées de 28^{cm}; entre pointes l'étincelle atteint environ $1^{m},20$ de longueur.

Le schéma montre la réalisation d'un générateur établi avec des capacités de $\frac{2}{100}$ de microfarad et dont le débit peut être porté à 10 milliampères pour 500000 volts, avec des variations inférieures à 5 pour 100.

Le générateur destiné au Laboratoire de M. Perrin comprendra des condensateurs de $\frac{6}{100}$ de microfarad; le débit pourra être porté à 30 milliampères pour la tension normale d'utilisation de 500000 volts, ce qui représente un courant continu d'une puissance de 15 kilowatts.

Il convient de remarquer qu'un générateur ainsi établi et qui ne comprend que quatre transformateurs statiques élévateurs de tension et huit condensateurs a un rendement en énergie qui est remarquable. Les pertes sont, en effet, réduites au minimum; la chute de tension dans les kénotrons est relativement très faible, les condensateurs qui sont toujours sur courant continu ont des pertes dans les diélectriques qui sont négligeables, et les transformateurs n'ayant pas à fournir des potentiels très élevés et n'ayant pas besoin d'isolement considérable par rapport au sol peuvent être établis pour avoir d'excellents rendements.

La pratique du générateur à 250000 volts utilisé en radiothérapie pénétrante montre que ce générateur est susceptible d'un emploi courant sans aucun aléa, et sa réalisation a montré que l'on peut continuer dans cette voie avec toutes les chances de succès, et que dès aujourd'hui les laboratoires pourront faire établir sur ce principe des générateurs pouvant fournir un million de volts de courant continu et même davantage si les besoins et les crédits le permettent.

Remarque sur la Communication précédente par M. **Jean Perrin**.

L'appareillage donnant 500000 volts avec courant continu, que vient de présenter à l'Académie M. d'Arsonval, peut intéresser particulièrement le physicien, comme une étape nécessaire dans la réalisation artificielle de rayons corpusculaires à grande vitesse.

Les corps radioactifs sont jusqu'à présent la source unique de tels rayons, et sir R. Rutherford a récemment prouvé par de belles expériences qu'en particulier les rayons α, quand ils frappent de champ les noyaux atomiques, peuvent en extraire de l'hydrogène et réaliser des transmutations. Or ces rayons ont une vitesse correspondant à une chute de potentiel d'environ 5 millions de volts. Quand nous réaliserons de telles différences de potentiel, nous pourrons tenter de faire porter ce genre de transmutations sur des quantités notables de matière.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Phosphates inorganiques et hypoglycémie insulinienne.* Note [1] de MM. **A. Desgrez**, **H. Bierry** et **F. Rathery**.

En nous inspirant des recherches de C. Funk et des nôtres, sur le rôle joué par la vitamine B dans le métabolisme des hydrates de carbone, puis des travaux de Harden et Young, Ivanov, Harden et Robinson, Embden et Laquer sur les acides hexosephosphoriques, nous avons montré les bons effets obtenus chez les diabétiques par l'administration de vitamine B associée aux phosphates [2].

Des travaux récents sur l'insuline sont venus établir l'existence d'une relation étroite entre le phosphore et le métabolisme des hydrates de carbone. Wigglesworth, Wodrow, Smith et Winter (1923) ont constaté que l'injection d'insuline était suivie d'un abaissement du phosphore inorganique du sang chez l'animal. La même variation, dans le sang de l'homme normal et diabétique, s'accompagnant d'un abaissement de l'excrétion du phosphore urinaire, a été signalée par Blatherwick, Bell et Hill (1923), puis retrouvée par Perlyzwig, Lathan et Keefer, Harrop et Benedict, etc.

---

(1) Séance du 6 avril 1925.

(2) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 536, *Bull. Acad. de Méd.*, 88, 1922, p. 167.

De nombreuses expériences ont été réalisées touchant le parallélisme d'excrétion du phosphore et de l'azote urinaires. Elles ont montré que le taux d'excrétion de ces substances était surtout influencé par le métabolisme des hydrates de carbone et non par le métabolisme des protéines et des substances nucléaires (Mac Leod et Allan, 1923; Blatherwick, Bell et Hill, 1924; Sokley et Allan, etc.).

A la suite de ces constatations, les auteurs ont envisagé une transformation possible, dans le muscle, du sucre en complexe hexosephosphorique, soit pendant la conversion du glucose en glycogène, soit pendant la dégradation du glucose.

C'est du reste à cette combinaison (lactacidogène) qu'Embden et ses élèves ont attribué un rôle important dans les échanges musculaires du sucre.

Au cours de nos recherches, nous avons été ainsi amenés à étudier les effets des phosphates inorganiques sur l'hypoglycémie insulinienne.

Nous avons eu recours à l'insuline purifiée que nous avons obtenue à l'état de poudre blanche, non hygroscopique — exempte de matières grasses et de sels — et que nous avions utilisée dans de précédentes expériences (¹).

Les solutions de phosphates renfermaient : $PO^4Na^2H, 2H^2O$ et PO^4KH^2, préparés à cet effet; grâce à des proportions convenables de ces sels, les solutions étaient amenées à présenter un P_H de 7,4, voisin de celui du sang.

L'insuline était injectée sous la peau, à la dose de 10 ou 20^{mg}; on faisait usage, pour les expériences successives sur le même animal, d'une insuline provenant d'un même lot de pancréas. Aussitôt après l'administration d'insuline, on injectait les phosphates en utilisant soit la voie veineuse, soit la voie sous-cutanée.

On opérait sur le chien maintenu à jeun; les prises de sang étaient faites à l'artère. Les évaluations de sucre ont porté sur le plasma sanguin : désalbumination par le nitrate mercurique (Bierry et Portier), dosage du glucose par la méthode de G. Bertrand.

(¹) Desgrez, Bierry et Rathery, *Bull. Acad. de Médec.*, 89, 1923, p. 424; *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1833; 177, 1923, p. 795; *C. R. Soc. de Biologie*, 89, 1923, p. 473; *Paris-Médical*, 37, 1923, p. 201; *Bull. Soc. méd. des Hôpit.*, 36, 1923, p. 1693; *Bull. Acad. de Médec.*, 91, 1924, p. 407; *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1771; *Presse Médicale*, 89, 1924, p. 869; *Bull. Acad. de Médec.*, 93, 1925, p. 478.

Expériences :

Chien ($7^{kg},900$) :

		Sucre en gr. pour 1000 de plasma.
		g
1er jour	Avant l'injection	1,39
1er jour	2 heures après l'injection d'insuline seule	0,99
Lendemain	Avant l'injection	1,28
Lendemain	2 heures après l'injection d'insuline, puis de 2^{g} de phosphates	0,50

Chien ($16^{kg},800$) :

1er jour	Avant l'injection	1,28
1er jour	3 heures après l'injection d'insuline seule	0,45
1er jour	6 heures après	0,55
1er jour	24 heures après	1,13
Lendemain	Avant l'injection	1,13
Lendemain	3 heures après l'injection d'insuline, puis de $4^{g},20$ de phosphates	0,25
Lendemain	6 heures après	0,40
Lendemain	24 heures après	1,13

Chien ($11^{kg},900$) :

1er jour	Avant l'injection	1,49
1er jour	3 heures après l'injection d'insuline seule	0,75
1er jour	6 heures après	0,90
1er jour	24 heures après	1,18
Lendemain	Avant l'injection	1,49
Lendemain	3 heures après l'injection d'insuline, puis de 3^{g} de phosphates	0,50
Lendemain	6 heures après	0,60
Lendemain	24 heures après	1,49

Dans certaines expériences, on a interverti les opérations : les injections d'insuline et de phosphates ont été faites le premier jour; le lendemain, l'injection d'insuline seule. L'administration des phosphates, dans ces cas, au lieu d'être intraveineuse, a été faite sous la peau.

Chien ($10^{kg},800$) :

		Sucre en gr. pour 1000 de plasma.
		g
1er jour	Avant l'injection	1,13
1er jour	3 heures après l'injection d'insuline, puis de 2^{g} de phosphates.	0,20
1er jour	6 heures après	0,25
Lendemain	Avant l'injection	0,75
Lendemain	3 heures après l'injection d'insuline seule	0,55
Lendemain	6 heures après	0,55

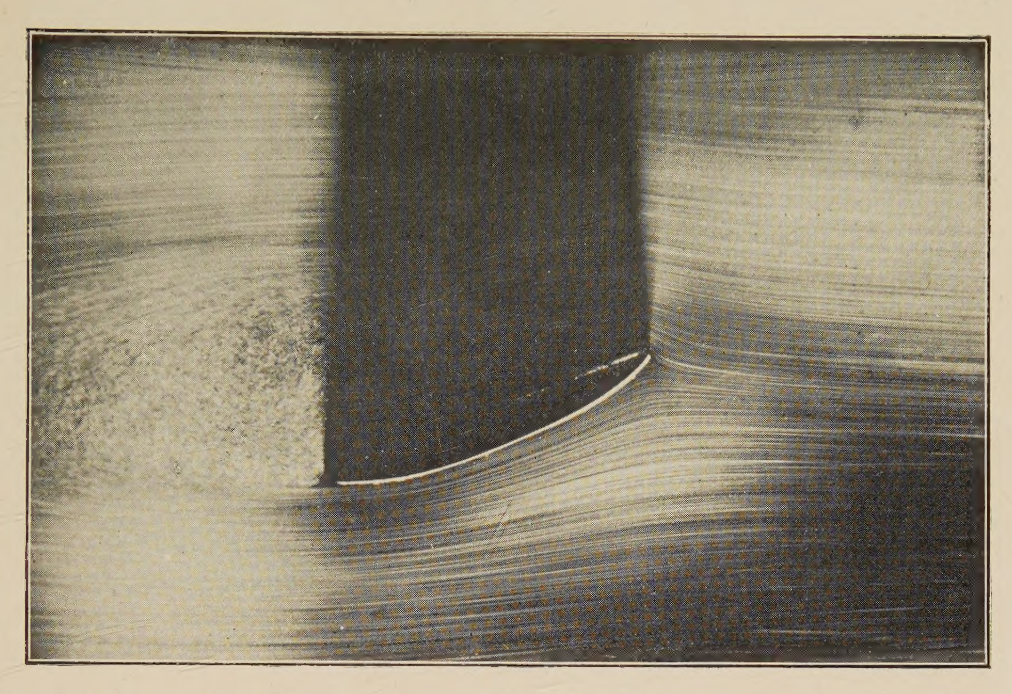


Fig. 1. — Écoulement de l'eau autour d'une palette inclinée; existence d'une surface de discontinuité; régime non turbulent à l'extérieur et turbulent à l'intérieur (voir paragraphe I).

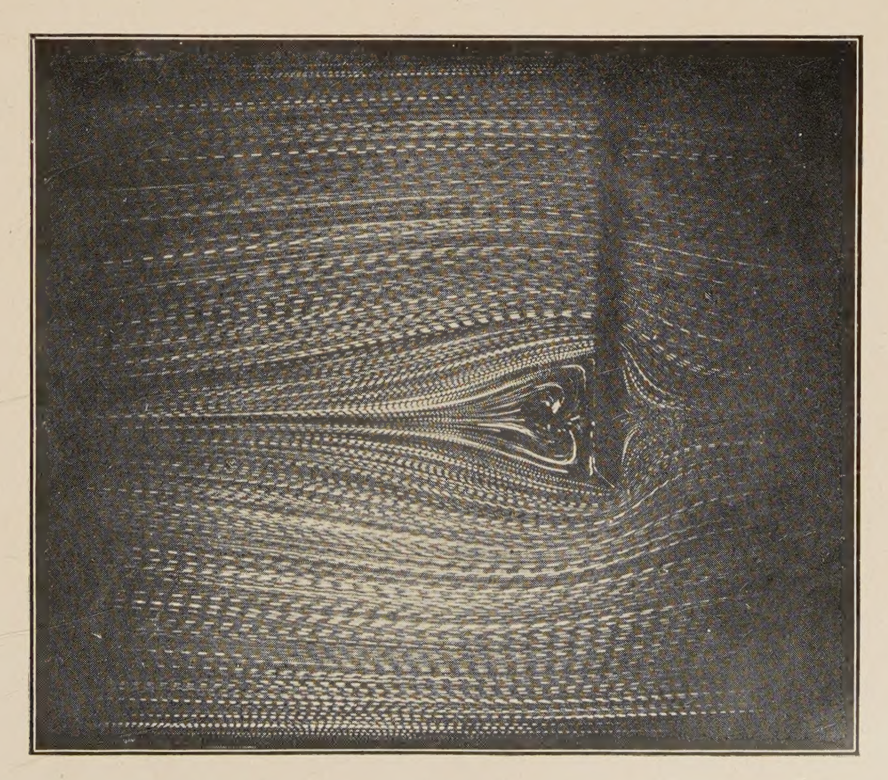
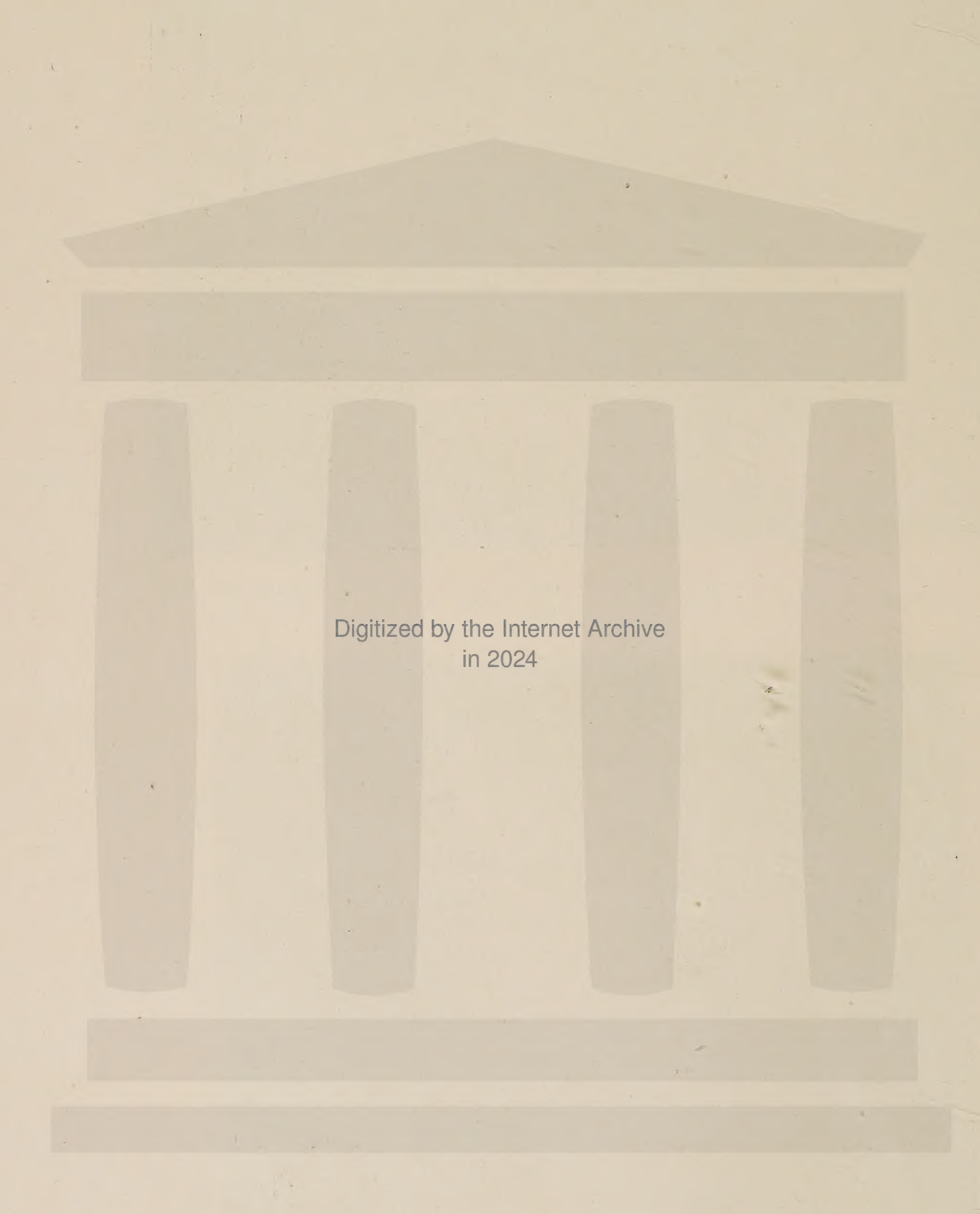


Fig. 2. — Écoulement de l'huile autour d'une palette; la discontinuité de la vitesse a disparu, comme le montre la répartition des vitesses (voir paragraphe III).


Digitized by the Internet Archive
in 2024

https://archive.org/details/comptes-rendus-hebdomadaires-academie-des-sciences_1925-05-25_180_21

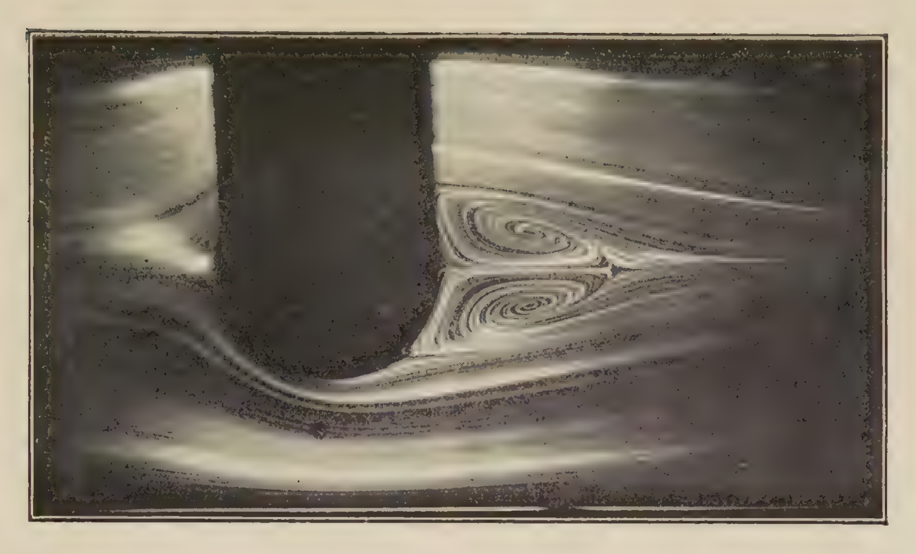


Fig. 3. — Écoulement de l'huile autour d'un cylindre droit à base circulaire; la discontinuité de la vitesse a disparu; le régime est partout non turbulent; on voit nettement la zone A et les points singuliers dont il est question dans le paragraphe III.



Fig. 4. — Écoulement de l'huile autour d'un cylindre droit à base circulaire; la disposition des filets est à peu près symétrique à l'amont et à l'aval voir paragraphe IV).

On a comparé, chez un même chien, les effets, sur la glycémie d'une même dose de phosphates administrée seule d'abord, puis associée à l'insuline :

Chien ($7^{kg},900$) :

		Sucre en gr. pour 1000 de plasma.
1er jour	Avant l'injection	g 1,49
	3 heures après l'injection de 2^g de phosphates	1,13
	6 heures après	1,03
	24 heures après	1,29
Lendemain	Avant l'injection	1,33
	3 heures après l'injection d'insuline, puis de 2^g de phosphates	0,40
	6 heures après	0,30

Dans certaines expériences, l'effet consécutif à l'injection de l'insuline et des phosphates fut si intense et si prolongé qu'il entraîna la mort de l'animal.

Conclusions. — L'injection à l'animal d'une dose convenable de solution de phosphates : $PO^4Na^2H, 2H^2O$ et PO^4KH^2, présentant un P_H voisin de celui du sang, intensifie et prolonge d'une façon remarquable l'hypoglycémie insulinienne.

HYDRONYNAMIQUE. — *Sur l'écoulement des fluides visqueux autour d'un obstacle.* Note (1) de MM. **C. Camichel**, **L. Escande** et **M. Ricaud**.

Dans cette Note, nous décrivons succinctement les phénomènes qui se produisent à l'aval d'un corps immergé dans un fluide incompressible, en précisant les divers régimes qu'on y rencontre.

I. On prend un obstacle, formé, par exemple, par une palette circulaire ayant 1^{cm} de diamètre, placée normalement à un courant d'eau s'écoulant dans un ajutage dont l'axe est horizontal et dont la section carrée a 4×4^{cm}. Quand la vitesse W moyenne de l'eau à l'amont dépasse $0^m,30$ par seconde, il se produit derrière l'obstacle une surface de discontinuité de la vitesse à l'intérieur de laquelle le régime est turbulent et à l'extérieur de laquelle le régime est non turbulent. La figure 1 (voir la planche) (2) donne un

(1) Séance du 11 mai 1925.

(2) Pour constituer cette planche, nous avons choisi à dessein des clichés correspondant à des obstacles variés, afin de mettre en évidence la généralité des résultats obtenus.

exemple de ce phénomène. Pour des vitesses beaucoup plus élevées, le régime à l'extérieur est turbulent.

La forme de la surface de discontinuité reste indépendante de la vitesse, comme on a pu le vérifier pour des vitesses variant de $6^m,50$ à $0^m,30$ par seconde ([1]).

II. Quand la vitesse devient inférieure à $0^m,30$ par seconde, on a l'apparition, derrière l'obstacle, des tourbillons alternatifs (*fig.* 2) décrits par MM. Brillouin, Bénard, Karmann, Joukowsky, etc.

III. Pour des vitesses inférieures à $0^m,02$ par seconde, la surface de discontinuité de la vitesse disparaît, comme le montrent des mesures précises faites sur la photographie 2 et sur d'autres analogues, et l'on a, à l'aval de l'obstacle, un régime non turbulent caractérisé dans le plan horizontal passant par le milieu de l'obstacle, par une zone A, dans laquelle existe un double mouvement de circulation de l'eau (*fig* 3), comportant un certain nombre de points singuliers. La description de ce phénomène qui est rendu complexe par l'influence des parois sera donnée ultérieurement dans un Mémoire.

Quand la vitesse décroît jusqu'à des valeurs de quelques millimètres par seconde, le point P, extrémité aval de la zone A, se rapproche de plus en plus de l'obstacle.

IV. Comme nous l'avons démontré ([2]), la loi de Reynolds s'applique rigoureusement à ces phénomènes; il est donc possible d'étudier le cas des très faibles vitesses dans l'eau, en remplaçant celle-ci par un fluide plus visqueux, par exemple, de l'huile, dont le coefficient cinématique de viscosité : $\frac{\mu}{\rho} = 4,1$, C. G. S. à 9°C. On observe alors les phénomènes que nous venons de décrire au paragraphe III, pour des vitesses variant de quelques mètres par seconde à quelques centimètres par seconde. Pour des vitesses de 2^{cm} à 3^{cm} par seconde, dans l'huile, on a une disposition à peu près symétrique des filets par rapport à l'obstacle, comme le montre la figure 4. La répartition des vitesses, à l'amont et à l'aval, tend également à devenir symétrique par rapport au plan vertical passant par le centre de l'obstacle, et normal à la direction moyenne des filets liquides.

([1]) Quand on fait vibrer l'obstacle, normalement à la direction d'écoulement du fluide, la surface de discontinuité se déforme et la zone contenue à l'intérieur de celle-ci disparaît presque complètement pour certaines vitesses.

([2]) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1326.

En faisant varier d'une façon continue la vitesse dans un sens, puis dans l'autre, on reproduit la succession des phénomènes précédents; pour une vitesse donnée, l'écoulement est indépendant du sens de la variation, comme nous avons pu le vérifier en déterminant par la photographie la position du point P dans les divers cas.

V. *Conclusions.* — On doit donc considérer trois catégories de phénomènes, à l'aval d'un corps immergé dans un fluide en mouvement :

1° La surface de discontinuité de la vitesse (I);

2° Les tourbillons alternatifs (II);

3° Le mouvement de circulation de l'eau (III), tendant à la limite vers l'écoulement symétrique à l'amont et à l'aval (IV).

ZOOLOGIE. — *Un nouveau Gastropode producteur de galles sur les piquants du* Dorocidaris tiara *Anderson.* Note de MM. **R. Kœhler** et **C. Vaney.**

L'*Investigator* a rapporté de ses explorations dans l'océan Indien un certain nombre d'exemplaires de *Dorocidaris tiara* Anderson, recueillis dans les parages de Ceylan à des profondeurs comprises entre 240 et 650^m, et dont certains présentaient des piquants modifiés sous l'action d'un Gastropode parasite. Parfois un même Oursin possédait toute une série de piquants ainsi modifiés; nous en avons trouvé jusqu'à sept sur un même individu.

Les modifications présentées par ces piquants sont assez variables [1]. Généralement le piquant est réduit à sa partie basilaire lisse, qui est plus ou moins renflée au-dessus du cône d'articulation et prend l'allure d'une sorte de galle creuse, de forme variable, souvent irrégulière, et de couleur blanchâtre ou brunâtre. Le bourrelet d'articulation du piquant reste généralement bien visible et strié. La hauteur de la partie modifiée en galle oscille entre 4 à $6^{mm},5$, le plus grand diamètre de la portion renflée varie entre 3 et 5^{mm}.

Certaines de ces galles sont largement ouvertes vers leur partie supérieure, elles ont l'aspect cupuliforme mais le contour de l'orifice est presque toujours irrégulier. D'autres renflements s'ouvrent latéralement par une ouverture plus ou moins rétrécie. Parmi ces dernières nous en observons

---

[1] Elles ont été figurées dans les planches XXXI et XXXII du Mémoire publié par l'un de nous sur les *Anomalies, irrégularités et déformations du test chez les Échinides* (*Annales de l'Institut océanographique*, 1, fasc. 5, 1924, p. 460).

quelques-unes, dont la partie renflée est surmontée d'un court tronçon, disposé parfois excentriquement, et constituée par une portion cannelée du piquant.

La plupart de ces galles hébergent, dans l'intérieur de leur loge, un petit Gastropode, dont on aperçoit très bien le sommet de la coquille se terminant en un petit mucron. Ce sont les galles les plus développées. Les piquants les moins déformés ont généralement des loges réduites ne présentant aucun hôte dans leur intérieur.

La paroi des galles est très épaisse, son épaisseur atteint $1^{mm},5$ à 2^{mm}; elle est constituée surtout par une hypertrophie du tissu calcifié du piquant, qui lui donne une très grande rigidité. Elle limite une cavité centrale, sorte de loge plus ou moins sphérique, dont le diamètre varie de 2 à 3^{mm}.

L'hôte que l'on aperçoit dans la loge est un petit Gastropode de 3^{mm} de longueur dont la coquille blanchâtre, porcelanée, présente six tours de spire. Cette coquille est mince et très fragile. Le diamètre du dernier tour de spire atteint $2^{mm},3$. Le sommet de la coquille est constitué par un mucron ayant à peine $0^{mm},5$ de hauteur et $\frac{1}{3}$ de millimètre de diamètre à sa base; il est formé par l'ensemble des trois premiers tours de spire. Les trois derniers tours de la coquille sont beaucoup plus renflés, surtout le dernier et l'avant-dernier : leurs lignes d'accroissement sont bien marquées.

Le Gastropode extrait de sa loge présente une trompe assez forte et saillante, atteignant plus de 1^{mm} de longueur; elle est entourée à sa base par une sorte de collerette ou pseudo-pallium, recouvrant en grande partie le rebord de la coquille. On observe une région céphalique très réduite et une petite masse pédieuse ne portant aucun opercule. Dans la même loge, on trouve à côté de cet individu adulte un autre exemplaire de toute petite taille n'ayant que 1^{mm} de longueur, et toute une série de pontes plus ou moins sphérique, ayant environ 1^{mm} de diamètre et renfermant chacune de vingt à vingt-cinq œufs.

L'examen de coupes nous a permis d'établir que le Gastropode de grande taille est une femelle, tandis que le petit exemplaire est un mâle. Tous les deux sont en pleine maturité génitale et vivent côte à côte dans la même galle.

Il y a donc dimorphisme sexuel bien net : la femelle étant trois fois plus haute que le mâle. De plus, le mâle a une coquille mince dont le dernier tour, le plus renflé, a $0^{mm},5$ de diamètre, tandis que les tours précédents, plus étroits, constituent par leur ensemble une sorte de mucron assez fort. Chez le mâle la trompe est plus massive et moins saillante que chez la

femelle; le pseudo-pallium est très développé, à contours irréguliers et il recouvre une plus grande partie de la coquille que chez la femelle.

L'étude des coupes nous a permis de déceler une paire d'yeux pigmentés, de petite taille, plus ou moins enfoncés dans le tissu conjonctif. Le système nerveux est très condensé, quoique les divers ganglions soient assez bien individualisés; vers les ganglions pédieux se trouvent une paire d'otocystes. Le pied est très réduit et renferme une glande suprapédieuse très apparente et une glande pédieuse proprement dite. Il n'existe pas de radula; la cavité palléale est largement ouverte et renferme une branche bien développée.

Les œufs contiennent une grande quantité de vitellus.

Ce Mollusque appartient à la famille des *Eulimidæ*. Avec sa coquille pourvue d'un mucron constitué par les premiers tours de spire, il entre dans le groupement comprenant les genres *Pelseneeria*, *Mucronalia*, *Megadenus* et *Stilifer*. L'absence d'opercule, la présence d'un pseudo-pallium d'origine céphalique, l'existence d'un pied rudimentaire pourvu de glandes pédieuses bien développées et le dimorphisme sexuel très accentué, nous amènent à le considérer comme une nouvelle espèce de *Megadenus*, pour laquelle nous proposons le nom de *cysticola*.

Le genre *Megadenus* a été établi par Rosen, en 1910, d'après une nouvelle espèce de Gastropode parasite, *Megadenus holothuricola*, qu'il avait observée fixée par sa trompe aux organes arborescents de certaines *Holothuria mexicana* Ludwig des îles Bahama. Une deuxième espèce, *Megadenus voeltzkowi* Schepman et Nierstrasz (1913) a été trouvée par Voeltzkow fixée du côté cœlomique à l'anneau pharyngien d'une Holothurie de Zanzibar, probablement l'*Holothuria pardalis* Selenka. Ces deux espèces de *Megadenus*, quoique ayant l'aspect et les caractères morphologiques des Gastropodes ectoparasites, ont plutôt une vie endoparasite. Notre nouvelle espèce, qui vit enfermée dans une galle communiquant avec l'extérieur, présente des conditions d'existence comparables à celles des autres *Megadenus*.

Chez les *Megadenus holothuricola* et *voeltzkowi* l'individu mâle et l'individu femelle ont été aussi trouvés côte à côte; ils se distinguent l'un de l'autre par des différences de taille et par des dispositions anatomiques bien caractéristiques. Ainsi chez le *M. holothuricola*, le mâle a une trompe plus courte que celle de la femelle, tandis que son pseudo-pallium est plus développé : il recouvre la majeure partie de la coquille et dans la cavité pseudo-palléale ainsi délimitée se trouvent les amas d'œufs. Notre nouvelle espèce présente un dimorphisme encore plus accentué et le mâle est de bien plus petite taille que la femelle dont il se distingue d'ailleurs par d'autres caractères.

Nous avions déjà signalé un semblable dimorphisme chez une autre espèce de Gastropode ectoparasite, également découvert par l'*Investigator*, le *Thyca stellasteris*. Il en résulte qu'un dimorphisme sexuel bien marqué se retrouve dans deux séries bien différentes de Gastropodes ectoparasites : celle des *Capulidæ* avec le *Thyca stellasteris* et celle des *Eulimidæ* avec les *Megadenus* et particulièrement avec le *M. cysticola*. Ce dernier fait est particulièrement intéressant car les *Eulimidæ* sont rattachés aux *Entoconchidæ* ou Gastropodes endoparasites par notre *Gasterosiphon deimatis*. Or, Schwanwitch (1917) a découvert chez une forme d'*Entoconchidæ*, l'*Entocolax ludwigi* Voigt, des mâles nains et rudimentaires. Ces mâles ont à peine $0^{mm},5$: ils sont globuleux et leur organisation est fortement réduite, car sous leur tégument on ne trouve qu'un rudiment d'intestin et un volumineux testicule muni d'un canal déférent. Schwanwitch a pu suivre la métamorphose de la larve véligère, à structure assez complexe, en mâle rudimentaire. Ces mâles nains ont été trouvés dans la cavité incubatrice ou pseudo-palléale d'individus femelles d'*Entocolax ludwigi* mesurant une dizaine de millimètres de longueur. L'organisation de ces femelles, quoique profondément modifiée par l'endoparasitisme, l'est beaucoup moins que celle du mâle, puisqu'on y trouve encore un tube digestif avec œsophage et intestin, un rein, un appareil génital avec ovaire, oviducte, réceptacle séminal et utérus ainsi qu'un ganglion nerveux accompagné d'une paire d'otocystes.

Le dimorphisme sexuel observé chez les *Megadenus* représente donc un premier terme dans une série où le stade ultime est celui d'*Entocolax ludwigi* avec ses mâles nains et rudimentaires. Des remarques faites par Kükenthal (1897), ainsi que par Schepman et Nierstrasz (1909), font pressentir un dimorphisme chez quelques *Mucronalia*. Nierstrasz (1909) a trouvé dans la cavité palléale du *Stilifer sibogæ* Schepman et Nierstrasz une forme larvaire pédogénétique présentant des spermatozoïdes mûrs et qui pourrait bien être un mâle nain.

Des déformations des piquants de *Cidaridæ* sous l'influence de Gastropodes avaient déjà été signalées. En 1860, Hupé décrit une nouvelle espèce de Stilifer, le *S. orbignyanus*, qui avait transformé deux piquants d'un *Phyllacantus imperialis* (Lamarck), provenant de la Nouvelle-Hollande, en formations globuleuses, irrégulièrement sphéroïdales. Ces sortes de galles, ayant l'aspect de noisettes, présentaient à leur base deux petites ouvertures en fentes. Celles-ci mettaient en relation avec l'extérieur une cavité interne de 1^{cm} de diamètre, dans laquelle se trouvaient deux coquilles de

Stilifer adulte de 5 à 6^{mm} de longueur, entourées d'un certain nombre de petites coquilles. Il est très probable, comme le pensait d'ailleurs Hupé, que les deux individus adultes étaient le mâle et la femelle de la même espèce : ils étaient entourés de leur progéniture.

Rathbun (1885) signale des perforations et des protubérances dans les piquants d'*Eucidaris tribuloides* qui seraient dues à un *Stilifer*, et, dans la variété *africana* de la même espèce d'Oursin, Mortensen (1910) a observé et figuré trois exemplaires d'un *Stilifer*, fixés à un piquant et provoquant une excroissance en forme de galle qui s'ouvre largement à l'extérieur et dans la cavité de laquelle sont logés les parasites et leurs pontes.

Il serait intéressant de retrouver et d'étudier à nouveau ces différents *Stilifer* pour voir s'ils ne se rattachent pas au genre *Megadenus*. Il ne semble pas que les auteurs, qui les ont signalés, aient été frappés par un dimorphisme des individus adultes.

En présentant à l'Académie le fascicule III du *Mémorial des Sciences mathématiques*, intitulé *Sur les fonctions hypergéométriques de plusieurs variables, les polynomes d'Hermite et autres fonctions sphériques dans l'hyperespace*, dont il est l'auteur, M. **Appell** s'exprime comme il suit :

Les théories classiques de la série hypergéométrique de Gauss et des polynomes de Legendre peuvent être étendues à des fonctions de plusieurs variables. Déjà Hermite, se plaçant dans le domaine algébrique, a, en 1865, étendu la théorie des polynomes de Legendre à des fonctions de deux variables; en 1880, j'ai pu de même généraliser le point de vue de Gauss pour les fonctions hypergéométriques. Les recherches ultérieures de MM. E. Picard et E. Goursat, dans la voie ouverte par Riemann et Fuchs, ont donné les mêmes résultats. Enfin, en 1913, j'ai réussi à montrer comment les polynomes d'Hermite se rattachent aux fonctions sphériques dans l'hyperespace. Des travaux récents de J. Kampé de Fériet et de P. Humbert ont généralisé et perfectionné la théorie.

On sait que le Mémorial paraît sous le patronage de l'Académie, que le directeur de la publication est M. Villat, professeur à l'Université de Strasbourg, et que l'imprimeur-éditeur est la Maison Gauthier-Villars; je suis heureux, à cette occasion, de remercier la Maison Gauthier-Villars pour le grand et heureux effort qu'elle s'est imposé afin de réaliser la nouvelle collection, en rendant ainsi à la Science et à la France un grand service.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section d'Économie rurale, en remplacement de M. *L. Maquenne*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 58,

M. Gustave André	obtient	. . . . . .	32 suffrages
M. Pierre Mazé	»	. . . . . .	16 »
M. Max Ringelmann	»	. . . . . .	9 »
M. Émile Schribaux	»	. . . . . .	1 suffrage

M. **Gustave André**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

NOMINATIONS.

M. **G. Kœnigs** est désigné pour représenter l'Académie au *Congrès mixte des Associations espagnole et portugaise pour l'avancement des sciences*, qui siégera à Coïmbre du 14 au 19 juin 1925.

CORRESPONDANCE.

La **Société chimique de Pologne** adresse à l'Académie l'expression de ses condoléances à l'occasion de la mort de M. *A. Haller*.

L'**Académie des Sciences de Russie** fait savoir qu'elle célébrera le 6 septembre prochain son bicentenaire. Elle prie l'Académie de se faire représenter à cette solennité.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Le Néocomien de la bordure orientale du bassin de Paris*, par Georges Corroy.

2° Louis Roule. *Daubenton et l'exploitation de la nature.* (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

3° *Le vol à voile avec contribution à l'étude expérimentale de la physique et de la mécanique des fluides*, par A. Magnan. Tome I : *Étude des courants aériens. L'utilisation du vent par les oiseaux voiliers. Caractéristiques des oiseaux volant à voile.* (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur les familles de surfaces et de courbes.* Note [1] de M. **B. de Kerékjártó**, transmise par M. J. Hadamard.

Les résultats classiques de Poincaré sur les courbes définies par des équations différentielles peuvent être étendus au cas topologique; cette extension donne en même temps le moyen de généraliser les résultats aux espaces à plus de deux dimensious. En me bornant ici au cas de trois dimensions, je rends compte de mes recherches, dont l'idée directrice est de caractériser d'abord les familles de surfaces, et ensuite, à l'aide de celles-ci, de traiter les familles de courbes.

Pour ces recherches, la notion d'*écart* (de deux surfaces ou de deux courbes) introduite par M. Fréchet se trouve être fondamentale. Voici comment on obtient à l'aide de cette notion les conditions de régularité.

Considérons d'abord une famille de surfaces fermées simplement connexes, intérieures à une surface S_1, qui n'ont aucun point d'intersection et telles que par chaque point intérieur à S_1, sauf certains points isolés, passe une surface de la famille et une seule. Je démontre de la même façon que je l'ai fait pour le cas de deux dimensions, qu'il n'y a qu'un seul point exceptionnel, intérieur à toutes les surfaces de la famille, ensuite qu'on peut faire correspondre aux surfaces S de la famille les valeurs $0 < t \leqq 1$ de telle sorte que pour $t < t'$, la surface S_t soit intérieure à $S_{t'}$ et que pour des valeurs suffisamment petites de $|t - t'|$, chaque point de S_t soit à une distance arbitrairement petite de la surface $S_{t'}$, et inversement.

---

(1) Séance du 11 mai 1925.

La condition nécessaire et suffisante pour que la famille $\{S_t\}$ $(0 < t \leqq 1)$ *soit équivalente à la famille des sphères concentriques est que pour des valeurs suffisamment petites, de* $|t - t'|$, *l'écart des surfaces* S_t *et* $S_{t'}$ *soit aussi petit que l'on veut. On peut alors transformer la surface* S_1 *et son intérieur en une sphère et son intérieur par une correspondance biunivoque et continue par laquelle les surfaces de la famille ont pour images les sphères concentriques.*

La démonstration très simple que j'en donne se sert du théorème de déformation dû à M. Tietze, relatif aux sphères de deux dimensions. Du théorème ci-dessus, je déduis la proposition suivante :

Soient S une surface fermée simplement connexe et Π_1, Π_2, ... des polyèdres simplement connexes intérieurs à S dont les écarts de S tendent vers zéro; il y a une transformation biunivoque et continue de S et de son intérieur en une sphère et son intérieur.

De ce théorème, je tire le *théorème de déformation* pour le cas général de trois dimensions et aussi un *inverse du théorème de Jordan*, c'est-à-dire les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'une surface puisse être transformée en une sphère par une transformation biunivoque et continue de l'espace en soi-même. La nature du dernier problème a été mise en évidence par des recherches profondes de M. Antoine qui a montré, parmi d'autres résultats importants, l'existence d'une surface simplement connexe dont l'intérieur a un ordre infini de connexion.

L'extension des résultats mentionnés au cas de plus de trois dimensions ne dépend que de la validité de eertaines propositions, d'une nature élémentaire, concernant des polyèdres.

Pour revenir à l'étude des familles de surfaces, je définis la *régularité d'une famille de surfaces* (fermées ou non) en un point P par les conditions suivantes :

1° Le point P appartient à une seule surface de la famille; 2° il y a un voisinage V_P de P tel que si les régions r_1, r_2, ... situées sur des surfaces de la famille et entièrement dans V_P ont pour frontière chacune une courbe c_i simple et fermée, ces courbes convergeant vers un seul point Q de V_P, les régions r_1, r_2, ... convergent aussi vers le même point. Dans ce cas il y a un voisinage de P qui peut se transformer en un cube par une transformation biunivoque et continue, telle que les parties des surfaces de la famille, situées dans ledit voisinage, ont pour images des plans parallèles.

Je considère alors une famille régulière de surfaces dont je suppose qu'elle cesse d'être régulière seulement sur certaines lignes. Dans le voisi-

nage d'une ligne singulière, j'obtiens à l'aide d'une section normale une réduction à l'étude des courbes planes et, par conséquent, j'y trouve quatre types de régions singulières correspondant aux quatre types découverts par Poincaré pour les singularités dans le plan. Les sommets singuliers sont caractérisés par la nature des lignes singulières qui s'y rencontrent, mais il y en a un grand nombre de types différents. Enfin je considère, ce qui correspond aux cycles limites de la théorie de Poincaré, la nature asymptotique des surfaces ouvertes dans le voisinage d'une surface fermée.

Ayant la théorie des familles de surfaces, je passe à l'étude des *familles de courbes* pour lesquelles je caractérise la régularité par des raisonnements similaires. je fais correspondre à une famille de courbes deux sortes de familles de surfaces; l'une est celle introduite par Poincaré, de surfaces formées par des sections normales à la famille; l'autre est une famille de surfaces parallèles aux courbes de la famille considérée. Par l'une et par l'autre famille de surfaces coordonnées, la famille de courbes en question se caractérise entièrement.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Transformation asymptotique de M. Bianchi et courbe de M. Picard sur les surfaces réglées dont les génératrices appartiennent à un complexe linéaire.* Note de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. Il est intéressant de confronter des résultats classiques obtenus par M. Picard, puis par M. Bianchi sur deux questions différentes [1].

Supposons que les génératrices de la surface réglée Σ appartiennent au complexe linéaire H : en un point μ de la génératrice G, prenons le plan tangent P, puis le pôle μ_1 de P par rapport à H; μ décrivant G, μ_1 lui correspond homographiquement sur G et les points doubles M, M′ de cette homographie décrivent, quand G varie sur Σ, la courbe de M. Picard, (M), (M′) dont chaque branche (M) ou (M′) est asymptotique sur Σ et appartient au complexe; le degré du total (M), (M)′ est égal à la classe du même total et de plus à la classe de la section plane générale de Σ, quand Σ est algébrique.

On peut obtenir ce résultat par un procédé peut-être plus rapide : soit une surface quelconque S, réglée ou non; en un point *arbitraire* μ de S le

[1] Picard, *Traité d'Analyse*, 1re édition, 1, 1901, p. 438-444. — Bianchi, *Rendiconti di Palermo*, 25, 1908, p. 291-325.

plan tangent à S et le plan polaire de μ sont distincts et se coupent suivant une droite $\mu\mu'$ tangente en μ à S et en μ' à la surface S′ polaire réciproque de S relativement à H. Les courbes de S tangentes en chacun de leurs points à la droite $\mu\mu'$ correspondante sont donc obtenues par une équation différentielle du premier ordre et du premier degré : appelons-les *traces* du complexe H sur S.

En général il existe un nombre *fini* de points ν remarquables sur S, relativement à H, où le plan tangent à S est aussi polaire de ν; il ne peut arriver que *tous* les points de S possèdent cette propriété, mais on peut choisir la surface S de façon qu'elle possède ∞^1 points de cette espèce, répartis sur une ou plusieurs courbes, dont chacune est évidemment asymptotique particulière de S (et aussi S′). Il serait intéressant d'étudier à ce point de vue les diverses surfaces algébriques de degré donné.

Appliquons ceci à une surface réglée Σ sans distinguer d'abord si les génératrices de Σ appartiennent ou non à H. Les équations paramétriques de Σ peuvent être prises sous la forme

$$(1) \qquad X = x + a\rho, \qquad Y = y + b\rho, \qquad Z = z + c\rho,$$

où x, y, z, a, b, c sont fonctions de la même variable u; écrire que la tangente à la courbe inconnue de Σ appartient au complexe donne immédiatement la relation

$$(2) \qquad U\,d\rho = (U_1\rho^2 + U_2\rho + U_3)\,du,$$

où U, U_1, U_2, U_3 sont des fonctions de u que je ne prends pas la peine d'expliciter davantage.

Premier cas. — Les génératrices de Σ appartiennent au complexe : U est identiquement nul, et l'on a la solution $du = 0$, correspondant aux génératrices, puis la solution remarquable indiquée plus haut

$$(3) \qquad U_1\rho^2 + U_2\rho + U_3 = 0$$

qui donne la courbe de M. Picard dont nous retrouvons ainsi toutes les propriétés.

Deuxième cas. — Les génératrices de Σ n'appartiennent pas au complexe : U n'est pas identiquement nul, les traces du complexe s'obtiennent donc par une équation de Riccati. Ceci se rattache d'ailleurs à une propriété plus générale; *soient, sur une surface* Σ, ∞^1 *courbes gauches* γ *telles que leurs tangentes aux points où elles rencontrent une même génératrice arbitraire* G

soient sur une quadrature Q : *l'équation différentielle des courbes* γ *est réductible au type de Riccati et inversement.*

Ici, tout le long de G, la droite $\mu\mu'$ engendre une quadrique Q se raccordant à S tout le long de G, à S′ tout le long de la droite conjuguée G′ de G relativement à H.

2. M. Bianchi appelle transformées asymptotiques l'une de l'autre deux courbes (M), (M′), entre lesquelles on peut établir une correspondance ponctuelle M, M′ telle que la droite MM′ soit l'intersection des plans osculateurs en M, et M′ : sur une surface réglée Σ, les asymptotiques non rectilignes sont transformées asymptotiques les unes des autres et inversement.

Considérons maintenant un complexe linéaire H, une courbe (M) de ce complexe [on sait que si (M) est algébrique, elle a même classe et degré]. Soit (M′) une autre courbe du complexe : à chaque point M de (M) associons l'un quelconque M′ des points où le plan osculateur en M perce (M′); cette correspondance rend (M) et (M′) transformées asymptotiques l'une de l'autre. De la sorte, on peut dire que toutes les courbes du complexe sont transformées asymptotiques de l'une d'entre elles, choisie une fois pour toutes et que, réciproquement, toutes les transformées asymptotiques d'une courbe appartenant au complexe sont purement et simplement les courbes du complexe.

La droite MM′ qui vient d'être définie engendre une surface réglée Σ pour laquelle (M) et (M′) constituent la courbe de M. Picard : le théorème de M. Picard revient donc à prouver que toute surface réglée dont les génératrices appartiennent à H est susceptible du mode de génération indiqué dans ce paragraphe. (M) et (M′) peuvent d'ailleurs être ou non analytiquement distinctes; au cas où elles sont distinctes, algébriques de degré m et m', Σ est algébrique avec m' nappes se croisant suivant (M) et m suivant (M′). Si (M) et (M′) coïncident, il faut que chaque plan osculateur de (M) puisse recouper (M), donc si (M) est algébrique et de degré m, que m surpasse 3; (M) est alors commune à $m-3$ nappes de Σ.

Dans un complexe linéaire H, on peut trouver une (et même une infinité) cubique gauche dont on exprimera les coordonnées x, y, z rationnellement en u; on peut mener par le point u, dans le plan osculateur, une droite G dont les paramètres directeurs a, b, c s'expriment rationnellement au moyen de u et d'une fonction arbitraire $\theta(u)$: sur la surface réglée Σ ainsi obtenue, la courbe de M. Picard comprend d'abord la cubique, puis une autre courbe obtenue par le calcul du numéro précédent et ceci suffit

pour retrouver ce résultat qu'on peut exprimer rationnellement en u, $\theta(u)$, $\theta'(u)$ les coordonnées du point courant de la courbe générale d'un complexe linéaire.

On remarquera que la théorie de la composition des transformations asymptotiques, imaginée par M. Bianchi, ne cesse de donner des courbes du complexe linéaire H dès que la courbe de début appartient à H.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions implicites périodiques et les solutions périodiques d'équations aux dérivées partielles.* Note de M. R.-H. GERMAY.

1. *Si les équations*

$$(1) \qquad F_j(x_1, x_2, \ldots, x_n, z_1, \ldots, z_k) = 0 \qquad (j = 1, 2, \ldots, k)$$

satisfont aux conditions du théorème des fonctions implicites en un point $x_1^0, \ldots, x_n^0, z_1^0, \ldots, z_k^0$ *et dans son domaine, si de plus les fonctions* F_j *admettent par rapport aux* x_s *les périodes* ω_s $(s = 1, 2, \ldots, n)$, *les racines holomorphes* $z_{j\infty}(x_1, \ldots, x_n)$ *des équations* (1) *admettent par rapport aux* x_s *les périodes* ω_s.

Les fonctions $z_{j\infty}(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ sont les limites pour $\mu \to \infty$ des suites uniformément convergentes dont les termes se définissent de proche en proche par les formules bien connues

$$(2) \qquad z_{j,\mu+1}(x_1, \ldots, x_n) = z_{j,\mu}(x_1, \ldots, x_n) - \sum_{p=1}^{p=n} \Delta_{pj}[F_p]_{z_s = z_{s\mu}} \qquad (j = 1, \ldots, k),$$

moyennant les valeurs initiales $z_{j0} = z_j^0$. De proche en proche, on vérifie immédiatement que les symboles $z_{j\mu}(x_1 + \omega_1, \ldots, x_n + \omega_n)$ ont un sens et qu'ainsi les fonctions $z_{j\mu}$ sont périodiques, de périodes ω_s par rapport aux x_s. Il en résulte que les $z_{j\infty}$ jouissent de la même propriété. D'autre part, les équations (1) ne changent pas par le changement de x_s en $x_s + \omega_s$. Les $z_{j\infty}$ sont donc bien des solutions périodiques des équations (1).

2. On a un énoncé analogue au précédent au sujet d'un lemme bien connu de Weierstrass.

Si la fonction $F(x_1, \ldots, x_n, z)$ *satisfait aux conditions du lemme de Weierstrass au point* $x_1 = \ldots = x_n = z = 0$ *et si elle admet par rapport aux* x_s *les périodes* ω_s *les fonctions holomorphes* b_j *et* K *intervenant dans la formule*

$$(3) \quad F(x_1, \ldots, x_n, z) = [z^p - b_1(x_1, \ldots, x_n) z^{p-1} - \ldots - b_p(x_1, \ldots, x_n)] K(x_1, \ldots, x_n, z)$$

admettent par rapport aux mêmes variables les périodes correspondantes.

Il suffit de se reporter au calcul, par approximations successives, des coefficients b et K (¹), et d'appliquer le résultat du paragraphe 1 ci-dessus.

3. On obtient de même l'énoncé plus général ci-après relatif à un théorème de V. Leclercq :

Si les fonctions

$$F_j(x_1, \ldots, x_r; y_1, \ldots, y_n) \qquad (j=1, \ldots, n)$$

satisfont aux conditions du théorème de V. Leclercq au point

$$x_1 = \ldots = x_r = y_1 = \ldots = y_n = 0$$

et dans son domaine, et si elles admettent par rapport aux x_s *les périodes* ω_s, *les coefficients des polynomes* H *et les fonctions* K *intervenant dans les formules*

$$(4) \qquad F_j = K_{j1}H_1 + \ldots + K_{jn}H_n \qquad (j=1, 2, \ldots, n)$$

admettent par rapport aux mêmes variables les périodes correspondantes.

4. Équations aux dérivées partielles. — *Soit l'équation aux dérivées partielles*

$$(5) \qquad p_1 = f(x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n)$$

et soit $Z(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ *son intégrale de Cauchy se réduisant pour* $x_1 = x_1^0$ *à* $\chi(x_2, \ldots, x_n)$. *Si les fonctions holomorphes* f *et* χ *admettent par rapport à* $x_2, \ldots, x_n$ *les périodes* $\omega_2, \ldots, \omega_n$, *l'intégrale* $Z(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ *jouit de la même propriété. Si, de plus, la fonction* f *et l'intégrale du système différentiel des caractéristiques de Cauchy relatif à l'équation* (5) *ont, par rapport à* x_1, *la période* ω_1 *quand les valeurs initiales* z^0, p_2^0, $\ldots$, p_n^0 *sont liées aux valeurs initiales arbitraires* $x_2^0, \ldots, x_n^0$ *par les relations*

$$(6) \qquad z^0 = \chi(x_2^0, \ldots, x_n^0), \qquad p_j^0 = \frac{\partial\chi}{\partial x_j}(x_2^0, \ldots, x_n^0) \qquad (j=2, 3, \ldots, n),$$

l'intégrale $Z(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ *admet aussi, par rapport à* x_1, *la période* ω_1.

En intégrant par la méthode des approximations successives de M. Picard le système différentiel des caractéristiques de Cauchy relatif à l'équation (5), nous obtenons, à telle approximation que nous voulons, les équations :

$$(7) \left\{\begin{array}{l} z_\infty(x_1^0, x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n) - \chi\,[x_{2\infty}(x_1^0, x_1, x_2, \ldots, p_n), \ldots] = 0, \\ p_{j\infty}(x_1^0, x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_2, \ldots, p_n) - \dfrac{\partial\chi}{\partial x_j}[x_{2\infty}(x_1^0, x_1, x_2, \ldots, p_n), \ldots] = 0 \\ \qquad\qquad (j=2, 3, \ldots, n), \end{array}\right.$$

(¹) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 2040.

définissant Z et les $\frac{\partial Z}{\partial x_j}$ comme fonctions implicites (1). Dans les hypothèses actuelles, les premiers membres des équations (7) admettent par rapport à $x_2, \ldots, x_n$ les périodes $\omega_2, \ldots, \omega_n$; d'après le paragraphe 1, on a la première partie de l'énoncé. Si la périodicité relative à x_1 est réalisée dans les conditions du théorème, les équations

$$(8) \qquad X_{j\infty}(x_1, t_1, \ldots, t_{n-1}) - x_j = 0, \qquad z = Z_\infty(x_1, t_1, \ldots, t_{n-1}) \text{ (2)},$$

définissant l'intégrale par élimination des fonctions implicites $t_1, \ldots, t_{n-1}$, montrent que cette intégrale est périodique, de période ω_1, par rapport à x_1.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les ensembles projectifs de M. Henri Lebesgue.* Note (3) de M. N. **Lusin**, présentée par M. Émile Borel.

1. La théorie des ensembles analytiques présente une harmonie parfaite (4) : tout ensemble analytique est ou dénombrable, ou bien a la puissance du continu; tout ensemble analytique n'est jamais un ensemble de troisième catégorie (nous appelons ainsi les ensembles *qui ne sont pas* Z de M. Lebesgue ou les ensembles *inexhaustibles non résiduels* de M. Denjoy); enfin, tout ensemble analytique est toujours mesurable.

Il n'y a là qu'une seule lacune importante : on ne sait pas si tout complémentaire analytique (*c'est-à-dire le complémentaire d'un ensemble analytique*) *non dénombrable a la puissance du continu.*

Les efforts que j'ai faits pour résoudre cette question m'ont conduit à ce résultat tout inattendu : *il existe une famille admettant une application sur le continu d'ensembles effectifs telle qu'on ne sait pas* et l'on ne saura jamais *si un ensemble quelconque de cette famille* (*supposé non dénombrable*) *a la puissance du continu, s'il est ou non de troisième catégorie, ni même s'il est mesurable.* D'ailleurs, cette famille contient celle des ensembles analytiques dont elle présente une généralisation très naturelle : c'est la famille des *ensembles projectifs* de M. H. Lebesgue. Il ne reste donc qu'à reconnaître la nature de ce fait nouveau.

---

(1) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 2225.

(2) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 685, formules (4) et (5).

(3) Séance du 18 mai 1925.

(4) Voir *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1318.

Soit, dans l'espace euclidien $\mathcal{E}$ à m dimensions, un système

$$S(x_1, x_2, \ldots, x_m)$$

d'axes rectangulaires quelconque, que nous supposerons immobile.

Par définition, un ensemble E de points dans l'espace $\mathcal{E}$ sera dit *analytique* s'il est le lieu des positions successives d'un point mobile

$$M(x_1, x_2, \ldots, x_m)$$

dont les coordonnées sont des fonctions *dénombrablement discontinues* d'un paramètre variable t définies dans le domaine $D = (0 < t < 1)$: $x_1 = f_1(t)$, $x_2 = f_2(t)$, $\ldots$, $x_m = f_m(t)$.

Comme toute fonction dénombrablement discontinue (c'est-à-dire discontinue seulement pour une infinité dénombrable de valeurs de la variable) est définie au moyen d'une infinité dénomblable d'éléments [1], il est clair que la famille $\mathcal{F}$ de tous les ensembles analytiques dans l'espace $\mathcal{E}$ (en faisant entrer en ligne de compte des répétitions) admet une application effective sur le continu. D'ailleurs, on sait, d'après la théorie des ensembles analytiques, que cette famille $\mathcal{F}$ contient tous les ensembles mesurables B situés dans l'espace $\mathcal{E}$ et une infinité d'autres qui ne sont pas mesurables B.

Mais un théorème bien plus remarquable et qui est une des plus importantes propositions de la théorie géométrique des ensembles analytiques est le suivant : *tout ensemble analytique dans l'espace euclidien $\mathcal{E}$ à m dimensions est la projection orthogonale d'un ensemble mesurable* B *située dans un espace euclidien $\mathcal{E}'$ à $m + 1$ dimensions contenant l'espace $\mathcal{E}$*, et inversement *la projection d'un ensemble mesurable* B *est toujours un ensemble analytique*. C'est un théorème qui peut servir comme *définition* d'ensemble analytique.

2. On sait que les propriétés des ensembles analytiques ont attiré l'attention de M. H. Lebesgue qui a donné à la théorie des ensembles analytiques une extension considérable et, en même temps, extrêmement naturelle.

A l'époque où la théorie symbolique des ensembles analytiques fut formellement achevée, c'est-à-dire à l'époque des années 1916-1917, la proposition : *tout ensemble analytique est la projection d'un ensemble mesurable* B était démontrée, mais en réalité cette proposition ne jouait jamais un rôle essentiel dans cette théorie. Souslin et moi, nous n'attribuions aucune importance singulière à cette proposition en la regardant comme plus curieuse

(1) Voir E. Borel, *Leçons sur la théorie des fonctions*, 1re édition, Note III, p. 125.

qu'utile et, si elle était énoncée d'une manière explicite (¹), on reconnaît aisément que c'est dans le but de dissiper quelques défiances de l'existence d'un ensemble non mesurable B : les ensembles mesurables B étant admis, l'admission d'un ensemble non mesurable B est obligatoire. Mais l'idée même de considérer la projection comme *opération* était étrangère à nous. C'est M. H. Lebesgue qui a signalé le grand intérêt théorique à étudier la projection, comme *une des opérations les plus simples et, en même temps, les plus importantes de Géométrie*, opération permettant de former des ensembles nouveaux *qu'on peut nommer* à partir d'ensembles effectifs déjà connus (²). C'est suivant cette idée de M. H. Lebesgue qu'on obtient d'abord, à partir des ensembles *mesurables* B, tous les ensembles *analytiques* E; puis, à partir de leurs complémentaires CE, une classe nouvelle d'ensembles PCE d'une nature tout inconnue mais *qu'on peut nommer;* puis, à partir de leurs complémentaires CPCE, les ensembles nouveaux PCPCE *qu'on peut encore nommer, etc.;* ce sont les *ensembles projectifs de M. H. Lebesgue.*

Nous sommes conduits ainsi à une notion nouvelle : celle de *classe d'un ensemble projectif.* Pour fixer les idées, nous nous bornons au cas des ensembles *linéaires.*

Soit E un ensemble quelconque de points dans l'espace euclidien $\mathcal{E}$ à m dimensions, $m > 1$. Nous désignerons, dans ce qui suit, par CE le complémentaire de E relativement à $\mathcal{E}$, et par PE la projection orthogonale de E sur un espace euclidien $\mathcal{E}_1$ à $m-1$ dimensions situé dans l'espace $\mathcal{E}$.

Ceci étant établi, nous posons la définition suivante :

Nous dirons qu'un ensemble linéaire est un ensemble projectif de M. H. Lebesgue, de classe n, *s'il peut se mettre sous la forme*

$$\text{PC}\ldots\text{PE} \quad \text{ou} \quad \text{CPC}\ldots\text{PE},$$

où E *est un ensemble mesurable* B *situé dans l'espace euclidien à* $n+1$ *dimensions et où la lettre* P *alternant avec la lettre* C *est écrite précisément* n *fois, et si cela est impossible lorsque l'on remplace l'entier positif* n *par un nombre plus petit.*

Cette définition étant posée, on voit immédiatement que tout ensemble analytique, ou son complémentaire, n'est qu'un ensemble projectif de classe 1, et *vice versa*; donc la théorie des ensembles analytiques se confond avec la théorie des ensembles projectifs de M. H. Lebesgue. Cette remarque fait comprendre l'importance de la notion d'*ensemble projectif.*

(¹) Souslin, *Comptes rendus*, 164, 1917, p. 88.

(²) *Annales de l'École Normale supérieure*, 3ᵉ série, 35, 1918, p. 242.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les écoulements des fluides avec et sans potentiel des vitesses. Application au tracé des aubes des turbines.* Note de M. **Eydoux**, présentée par M. G. Kœnigs.

I. Bauersfeld et Lorenz ont montré que, pour qu'il y ait échange d'énergie entre un fluide et une roue-turbine, le mouvement permanent du fluide dans la roue devait être rotationnel.

J'ai indiqué moi-même, dans une précédente Note, que la variation d'énergie en un point d'une roue en rotation uniforme est mesuré par le volume du parallélépipède construit sur les trois vecteurs u, v, T (u, vitesse d'entraînement; v, vitesse absolue du fluide; T, vecteur tourbillon).

II. L'existence du vecteur tourbillon dans tout mouvement permanent donnant lieu à échange ou variation d'énergie est un fait naturel absolument général. En effet, quand de l'eau s'écoule dans une conduite libre ou sous pression, la viscosité, dans le régime de Poiseuille, la turbulence et la rugosité des parois, dans le régime hydraulique, donnent lieu à des pertes de charge qui ont pour origine l'inégale répartition des vitesses dans une section transversale et cette inégale répartition donne au mouvement un caractère nettement rotationnel.

III. Toutes les fois qu'un fluide naturel est en mouvement permanent dans un espace de forme donnée, il tend à prendre le mouvement, compatible avec les conditions aux limites, qui donnera lieu aux pertes de charge minimum. Ce mouvement se rapprochera donc d'autant plus d'un mouvement irrotationnel, c'est-à-dire avec potentiel des vitesses, que le fluide sera moins visqueux et qu'il y aura moins d'obstacles opposés à son mouvement. Ce fait, vérifié par les expériences de M. Camichel, se constate nettement dans l'espace libre entre distributeur et roue qui existe dans les turbines rapides modernes.

IV. Ces remarques sont d'une application courante dans les turbomachines hydrauliques où l'on arrive à réduire beaucoup les pertes de charge proprement dites. On peut alors, pour les tracés pratiques, considérer ces pertes comme à peu près négligeables et supposer que le mouvement de l'eau, dans les régions où il n'y a pas transformation de l'énergie du fluide en énergie mécanique, est irrotationnel. Nous allons l'appliquer au mouvement giratoire (c'est-à-dire indépendant de l'azimut) permanent dans un espace de révolution autour de l'axe de ce mouvement.

Soient oz cet axe, r la distance d'un point à l'axe, z sa cote et θ son angle

azimutal mesurés à partir d'un plan et d'un méridien de référence; V_z, V_r et V_n seront les trois composantes de la vitesse suivant l'axe, le rayon et la perpendiculaire au plan méridien. Si la vitesse dépend d'un potentiel, on aura :

$$V_z = \frac{\partial\varphi}{\partial z}, \qquad V_r = \frac{\partial\varphi}{\partial r}, \qquad V_n = \frac{1}{r}\frac{\partial\varphi}{\partial\theta}.$$

Du fait que le mouvement est giratoire, c'est-à-dire que V_r, V_n et V_z sont indépendants de θ, on déduit aisément pour φ l'expression suivante :

$$\varphi(r, z, \theta) = \varphi_1(r, z) + a\theta,$$

a étant une constante dans tout l'espace de révolution.

On en déduit :

$$v_z = \frac{\partial\varphi}{\partial z}, \qquad v_r = \frac{\partial\varphi}{\partial r}, \qquad v_n = \frac{a}{r}.$$

Il en résulte, comme l'ont montré par une autre voie le professeur Prasil et les auteurs que nous avons cités, que les sections des surfaces de courant par un plan méridien sont indépendantes de la constante giratoire a et se conservent même si le fluide se dirige vers l'axe sans mouvement de rotation autour de lui, c'est-à-dire si le mouvement se fait suivant des plans méridiens.

Étant données les méridiennes des surfaces qui bornent l'espace de révolution et les conditions aux limites, on pourra tracer, par les procédés graphiques de Prasil, les fonctions de courant et les méridiennes des équipotentielles, non sans difficultés pratiques, toutefois; car la théorie suppose des mouvements s'étendant à l'infini sur des courbes bien continues et la construction pratique exige des courbes se raccordant à des lignes droites. Ces raccords défectueux donnent lieu à la formation de surfaces de discontinuité limitant des zones de mouvement tourbillonnaire.

V. Une fois tracées les fonctions de courant et les équipotentielles correspondantes, nne mesure directe sur l'épure des espacements de ces diverses lignes donne la composante méridienne v_m de la vitesse; v_n est connu du fait que l'on connaît la constante giratoire. En composant v_m et v_n dans le plan tangent au cône de révolution engendré par la tangente à la fonction de courant, on obtient un élément de la trajectoire absolue et de proche en proche et d'une façon suffisamment exacte, cette trajectoire même.

VI. Nous avons montré précédemment que, dans l'échange d'énergie

dû à une roue-turbine, le tourbillon normal au plan méridien ne joue aucun rôle. Le mouvement dans ce plan doit donc être irrotationnel (voir III). Le réseau méridien déjà tracé subsistera donc, même s'il existe une roue dans l'espace de révolution. Or le théorème d'Euler ([1]) montre que la variation d'énergie dans une roue est mesurée par la variation de rv_n.

Si nous nous donnons une loi (que nous pourrons modifier suivant les cas) pour la variation de rv_n le long d'un filet, nous en déduirons v_n; v_m ayant la même valeur qu'auparavant, nous obtiendrons, par une opération semblable à celle déjà faite, la trajectoire absolue dans la roue. Les trajectoires relatives, situées sur les surfaces d'aubes, s'obtiennent en composant v_m et $v_n - u$.

On pourra d'ailleurs associer ces trajectoires de plusieurs façons de manière à réaliser des surfaces d'aubes diverses. Le choix à faire, ainsi que la loi de variation à adopter pour rv_n, ressortent alors tant de l'expérience, en vue de réduire les pertes de charge au minimum, que des nécessités de la construction.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la détermination dans un fluide incompressible du potentiel des vitesses dû à un tube-tourbillon.* Note ([2]) de M. **Boris Stetchkine**, présentée par M. d'Ocagne.

Nous allons, par une voie nouvelle, déterminer le potentiel des vitesses dans un fluide incompressible et infini, dans lequel se trouve le tube-tourbillon AB.

Montrons qu'il existe une surface équipotentielle s'appuyant sur le tourbillon AB. A cet effet, décomposons la vitesse en chaque point de la surface du tourbillon suivant la normale et la tangente à cette surface; soient v_n et v_t ces vitesses.

Partons d'un point A de la surface du tourbillon dans une direction perpendiculaire à v_t et astreignons-nous à ne pas quitter la surface du tube-tourbillon.

Dans ce cas nous resterons sur une surface équipotentielle, nous devrons faire le tour du tourbillon et retrouver le point A, puisque les vitesses en dehors du tourbillon satisfont à l'équation de Laplace et qu'il est impossible d'obtenir des nœuds ou de suivre une hélice.

([1]) M. Rateau a généralisé ce théorème en y introduisant le rendement, mais nous négligerons ce facteur dans notre recherche actuelle de tracé.

([2]) Séance du 18 mai 1925.

La trace suivie sur le tourbillon servira d'appui à la surface équipotentielle, qui seulement dans un cas particulier peut s'étendre à l'infini. En excluant ce cas, nous obtiendrons la surface équipotentielle ACB.

Cette surface, ainsi que celle du tourbillon, peuvent être considérées comme les limites finies du fluide incompressible s'étendant à l'infini, où les vitesses tendent vers zéro. En dehors du tourbillon et de la surface ACB le fluide occupera un volume à connexion simple; le potentiel sera monotrope et sa valeur changera brusquement en passant par la surface ACB.

D'après le théorème de Stokes, la différence des valeurs du potentiel sera

$$F_1 - F_2 = I, \tag{4}$$

I étant la circulation le long d'un contour embrassant le tourbillon.

On peut appliquer au fluide considéré le théorème de Dirichlet, d'après lequel le potentiel au point M est

$$F_M = \frac{1}{4\pi} \int\int F \frac{\partial}{\partial n}\left(\frac{1}{r}\right) d\sigma - \frac{1}{4\pi} \int\int \frac{1}{r} \frac{\partial F}{\partial n} d\sigma, \tag{5}$$

les intégrales doubles s'appliquant seulement aux limites finies du fluide, c'est-à-dire à la surface ABC et à celle du tourbillon.

Il est évident que, pour le tube-tourbillon, la valeur des intégrales est nulle; de même est nulle la seconde intégrale en ce qui concerne la surface ABC, puisque les valeurs de $\frac{\partial F}{\partial n} = v_n$ sont égales et de signe contraire pour les deux côtés de la surface ABC. La valeur de la première intégrale est

$$F_M = \frac{1}{4\pi}(F_1 - F_2) \int\int \frac{\partial}{\partial n}\left(\frac{1}{r}\right) d\sigma. \tag{6}$$

Il faut tenir compte du fait que du point M on voit la surface intérieure d'une moitié de la surface ABC et la surface extérieure de l'autre moitié de la surface ABC.

Étant donné que

$$\int\int_{ABC} \frac{\partial}{\partial n}\left(\frac{1}{r}\right) d\sigma = \theta \tag{7}$$

où θ est l'angle solide sous lequel on voit la surface ABC et le tourbillon du point M et en tenant compte de l'équation (4), nous trouvons

$$F_M = I \frac{\theta}{4\pi}, \tag{8}$$

ce qui est la formule bien connue.

PHYSIQUE. — *Appareil pour la mesure rapide de la tension superficielle à la surface de séparation de deux liquides. Influence de la température.* Note [1] de M. **P. Lecomte du Noüy**, présentée par M. Charles Richet.

La mesure par les méthodes ordinaires (nombre de gouttes) de la tension superficielle à la surface de séparation de deux liquides peu ou non miscibles présente des inconvénients tels que nous avons cherché à l'obtenir rapidement par un instrument inspiré de celui qui nous a donné de bons résultats pour la mesure de la tension superficielle, et que nous avons décrit en 1919, sous le nom de *tensiomètre.* Cet appareil est fondé sur la méthode d'arrachement d'un anneau, mais l'effort d'arrachement est obtenu au moyen d'un fil de torsion agissant sur un levier, de sorte que les forces appliquées à l'anneau sont très progressives, et que la lecture peut se faire directement en dynes/centimètre, sur un cadran, à 0,05 dyne près.

Il suffisait, pour rendre cet instrument applicable à la mesure des tensions interfaciales, de fixer l'anneau à un support rigide, au lieu de le suspendre, de façon qu'on pût, non seulement exercer sur lui une force dirigée de bas en haut, mais aussi de haut en bas, sans qu'il perdît son horizontalité. Nous avons donc construit un appareil où l'effort de torsion, dans un sens ou dans l'autre, s'applique à un anneau de platine de 6 ou 12^{cm} de circonférence, par l'intermédiaire d'un parallélogramme articulé, très léger et équilibré. En agissant à la fois sur la table à crémaillère portant les liquides et sur la vis commandant la torsion, on produit la rupture sans que l'équipage se déplace, c'est-à-dire à la position de 0 du parallélogramme articulé. Quand on mesure la tension superficielle de l'eau au contact du bisulfure de carbone par exemple, de densité 1,25 ou du tétrachlorure de carbone de densité 1,60, il est bien évident qu'il faut pousser l'anneau vers le bas, puisque l'eau flotte sur ces liquides. Pour le toluène, l'éther, l'huile d'olive, etc., il faut au contraire l'immerger dans l'eau qui se trouve sous ces liquides et exercer l'effort de bas en haut.

Il n'était pas évident *a priori* qu'au contact des deux liquides l'anneau se comporterait comme à la surface air-liquide. On pouvait penser que l'adhésion de l'eau au platine serait différente dans certains cas, et que les lectures s'en ressentiraient. Il est d'ailleurs possible que cela soit vrai pour certains liquides. Néanmoins, dans la série de ceux que nous avons étudiés,

---

[1] Séance du 11 mai 1925.

les valeurs ont toujours été très proches des valeurs publiées par les meilleurs auteurs. Sauf pour quelques liquides (bisulfure de carbone, tétrachlorure de carbone, bromoforme, huile de vaseline), caractérisés par le fait que la différence entre leur tension superficielle et celle de l'eau est plus petite que la tension interfaciale au contact de l'eau, par la méthode des gouttes. Néanmoins l'accord est bon avec les chiffres de Quincke qui employait une méthode statique comme nous (cathétomètre). Il semble donc prouvé, jusqu'à nouvel ordre, que cette méthode, très simple, très rapide (1 ou 2 minutes par mesure) permette de mesurer avec une précision satisfaisante la tension interfaciale statique de deux liquides ou de deux solutions. Nous nous proposons de l'employer à l'étude de l'adsorption des colloïdes en fonction du temps.

Dans tous les cas, les valeurs mesurées sont celles des liquides saturés. Avant la saturation, les valeurs varient et ne signifient rien, surtout dans les cas où la solubilité est grande comme pour l'alcool amylique et l'éther par exemple. On sait que la tension superficielle des liquides au contact de l'air ou de leur vapeur diminue en fonction de la température. La bibliographie est très pauvre en ce qui concerne l'action de la température sur la tension interfaciale. Seul Harkins [1] l'a étudiée pour un certain nombre de liquides. Il ne mentionne ni le cas du bisulfure de carbone ni celui de l'éther éthylique. Nous avons donc expérimenté avec ces liquides, et quelques autres, et constaté que, de même que pour l'alcool octylique et l'heptaldéhyde, contrairement à ce qui se passe à l'air libre, la tension augmente en fonction de la température, c'est-à-dire que le coefficient de température de l'énergie superficielle libre est positif au lieu d'être négatif.

Lorsqu'on répète la même série de mesures à rebours, avec l'éther, par exemple, on obtient une courbe parallèle qui aboutit à la même valeur initiale. Le léger décalage entre les deux courbes montante et descendante provient de l'évaporation rapide de l'éther qui détermine une différence de température entre les deux couches liquides, la température réelle de la surface de séparation étant plus basse que celle qui est lue sur le thermomètre immergé dans les deux liquides.

---

(1) W.-D. Harkins, *Journal of the Am. Chem. Soc.*, 43, 1921, p. 35.

PHYSIQUE. — *Régime de concentrations établi par la diffusion latérale dans un courant de convection.* Note [1] de M. **Stéphane Dombrowsky**, présentée par M. Jean Perrin.

Diffusion classique. — On étudie généralement la diffusion dans un liquide immobile. On tâche alors de supprimer les courants de convection (thermiques ou mécaniques), aussi bien dans les expériences de la « diffusion libre » par superposition des couches de la solution et du solvant que dans la diffusion à travers un diaphragme, composé de tubes étroits.

J'ai démontré, dans ce dernier cas, que le temps nécessaire pour obtenir un régime permanent de concentration dans un tube, où la chute de concentration est constante, peut être représenté par l'expression

$$t = \frac{h^2}{\pi^2 D} \operatorname{Log}\left(\frac{2}{\varepsilon}\right),$$

où h est la hauteur du tube, D le coefficient de diffusion, ε l'approximation voulue. Si la hauteur du petit tube est réduite à des grandeurs histologiques, la diffusion en régime permanent devient instantanée.

La diffusion généralisée ou astatique se produit lorsque la substance diffuse à travers les parois latérales d'un tube dans un courant de convection.

Prenons des tubes étroits de forme quelconque. Sur une partie de leur trajet, ils sont entourés par une solution de concentration constante. Les parois de ces tubes dans leur feutre tubulaire sont perméables aux molécules du corps dissous. A travers les tubes passe un courant de convection lent avec une vitesse uniforme. Dans ce cas, la veine liquide du solvant qui se meut à travers les tubes étroits, dès le moment de son entrée dans la portion des tubes entourée par le réservoir, chargé de la solution à concentration constante, commence à se saturer progressivement de la substance qui diffuse de l'extérieur à travers la paroi latérale à l'intérieur du tube.

Grâce aux différences de concentration entre les deux niveaux, à l'entrée et à la sortie du tube, on obtient un *flux de diffusion secondaire*, inverse au courant de convection. Avec le temps un *régime permanent de concentration* se forme. La concentration dans la tranche considérée de la veine liquide en mouvement est constante et indépendante du temps; elle reçoit autant de substance en aval du courant de convection qu'elle en envoie en amont avec le flux de diffusion secondaire.

Équation de la diffusion généralisée. — La quantité de substance qui

(1) Séance du 11 mai 1925.

pénètre à travers la paroi latérale du tube (d'épaisseur h et de surface s) dans une tranche considérée est $-\frac{Ds}{h}\frac{\partial c}{\partial x}$.

A l'instant considéré le courant de convection apporte $c\beta f(x)$ de substance, où $\beta f(x)$ est la vitesse moyenne acquise sous l'influence de la force $f(x)$. Par la superposition de ces deux facteurs — diffusion latérale et convection du liquide — dans un temps Δt, pénètre dans la tranche élémentaire $\left(\text{où } \frac{s}{h}=1\right)$:

$$\left[-\frac{Ds}{h}\frac{\partial c}{\partial x}+\beta c f(x)\right]\Delta t.$$

En calculant la quantité de substance qui pénètre dans la tranche élémentaire $x \ldots x+\delta x$ en unité de temps nous obtenons l'équation de la diffusion latérale d'une substance dans un liquide soumis à l'action d'une force extérieure:

$$\frac{\partial c}{\partial t}=D\frac{\partial^2 c}{\partial x^2}-\beta\frac{\partial}{\partial x}[cf(x)].$$

Substituons à la vitesse moyenne variable $\beta f(x)$ une constante $(-v)$, soit la vitesse uniforme du liquide qui suit l'accroissement des concentrations dans la direction de la chute d'un corps. Nous obtenons alors

$$\text{(I)} \qquad \frac{\partial c}{\partial t}=D\frac{\partial^2 c}{\partial x^2}+v\frac{\partial c}{\partial x}.$$

C'est l'équation de diffusion généralisée de M. Smoluchowski appliquée à l'étude du mouvement brownien, soumis à l'action d'une force extérieure [1].

Diffusion en tubes coaxiaux. — Considérons un faisceau de tubes coaxiaux, dont le plus extérieur contient une solution à concentration constante, tandis que par les autres tubes passe un courant de convection du solvant. La chute de concentration latérale $\frac{C-c}{h}$ (h épaisseur de la paroi du tube) entre deux tubes quelconques est constante dans une tranche élémentaire quelconque, choisie sur le parcours du faisceau des tubes. Dans ce cas l'équation de diffusion généralisée prendra la forme

$$\text{(II)} \qquad \frac{\partial(C-c)}{\partial t}=D\frac{\partial^2(C-c)}{\partial x^2}+v\frac{\partial(C-c)}{\partial x}.$$

---

(1) SMOLUCHOWSKI *Annalen der Physik*, B. 48, 1915, p. 1103, et *Physik Zeitschr.*, 17, 1916, p. 557 et 585.

Solution de l'équation de diffusion généralisée. — Les conditions limites (1) et initiales (2) sont : 1 pour $x = 0$,

$$D \frac{\partial c}{\partial x} + v c = 0;$$

2 pour $t = 0$,

$$c = 0$$

sur tout le parcours du tube, sauf l'entourage du lieu x_0, où $c_0 = c\varphi(x)$ quand simultanément $\int_0^\infty \varphi(x)\,dx = 1$.

La solution de l'équation (I) est alors

$$\text{(III)} \quad = c \frac{1}{2\sqrt{\pi D t}} \left[e^{-\frac{(x+x_0)^2}{4Dt}} + e^{-\frac{(x-x_0)^2}{4Dt}} \right] e^{-\frac{v(x-x_0)}{2D} - \frac{v^2 t}{4D}} + \frac{v}{D\sqrt{\pi}} e^{-\frac{vx}{D}} \int_{\frac{x+x_0-vt}{2\sqrt{Dt}}}^{\infty} e^{-\beta^2}\,d\beta.$$

Quand le système fonctionne un temps suffisamment long ($t = \infty$) la solution générale se réduit à la forme

$$\text{(IV)} \qquad c = \frac{v}{D} e^{-\frac{vx}{D}}.$$

La concentration extérieure étant prise pour unité.

On obtient la concentration exponentielle croissante en aval du courant de convection.

C'est ainsi qu'un *phénomène astatique* — diffusion latérale dans un courant de convection — donne lieu à un *état statique :* équilibre stationnaire de concentration [1]. Il s'établit un *régime permanent de concentrations dans une veine de liquide en mouvement dans les conditions considérées.* Le libre jeu de ces conditions variables (concentration, vitesse de convection, débit) établit sans sauts brusques, mais d'une façon continue, une suite d'états *d'équilibre de concentration.* L'étude de ces régimes permanents est particulièrement importante dans le domaine physiologique.

---

(1) C'est aussi la loi de répartition d'une émulsion de grains homogènes (M. Smoluchowski, Einstein : théorie; J. Perrin et son école : vérification expérimentale).

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Étude de la propagation des ondes courtes.* Note [1] de M. M. Lardry, présentée par M. G. Ferrié.

La présente Note résume plus de 2000 heures d'observations ayant porté sur 3 ondes : l'onde de 450^m de l'École supérieure des P. T. T.; celle de 115^m de la Tour Eiffel; celle de 50^m de Casablanca, d'Issy-les-Moulineaux et d'un émetteur de bateau faisant le trajet France-Mexique.

Les observateurs d'ondes courtes s'accordent à dire qu'il y a de profondes différences dans la propagation des ondes de 500^m et de celles inférieures à 100^m. Les évanouissements affectant les ondes de 500^m n'existeraient pas sur les ondes de 100^m et moins. Les observations que je vais résumer concluent, au contraire, à l'identité de la propagation.

Les observations ont été faites au Mans.

Toutes précautions étaient prises pour rendre le récepteur parfaitement stable et les observations successives comparables entre elles. Les mesures étaient faites au téléphone shunté.

Station des P. T. T. — Onde de 450^m, distance émetteur-récepteur : 180^{km}.

Les graphiques obtenus [2] montrent qu'il y a deux types de variations à considérer, correspondant probablement à deux causes différentes.

Des oscillations très rapides et de grande amplitude (l'intensité de réception passe de 100 à 1000 en 15 secondes et même quelquefois en 5 secondes). Ces oscillations, je les classerai sous le nom de scintillation.

En traçant les courbes enveloppes de la scintillation, on reconnaît des variations très lentes d'intensité, analogues à une houle longue, l'affaiblissement pouvant durer plusieurs heures. L'audibilité moyenne atteint 1000 à la crête et tombe à 50 ou moins dans les creux.

La scintillation existe, le jour comme la nuit, mais les sautes d'amplitude sont, en général, moins profondes pendant le jour.

Quant à la houle, elle semble faire époque, c'est-à-dire qu'elle se produit tous les jours aux mêmes heures, pendant une période, puis subit un décalage brusque de plusieurs heures. C'est ainsi que le creux est apparu brusquement fin avril 1924, commençant tous les jours à 14^h30^m pour céder la place à la crête à 20^h; il s'est produit aux mêmes heures jusqu'au 20 juin.

---

(1) Séance du 18 mai 1925.

(2) *Onde électrique*, 3, 1924, p. 409 et 502.

Pendant juillet, on le trouve à partir de 21^h, la crête se manifestant pendant le jour.

Donc, pendant le printemps de 1924, la réception a été plus faible pendant le jour, mais il y a eu en juillet un brusque renversement de régime, sans transition. Ceci est contraire aux idées généralement admises, d'après lesquelles les signaux sont toujours plus faibles de jour.

Ondes de 115^m *de la Tour Eiffel.* — Les émissions sur cette onde, assez régulièrement entendues en Amérique, sont souvent imperceptibles au Mans, d'autres fois elles sont au contraire reçues très fortement.

Elles donnent également lieu au phénomène de scintillation, mais celle-ci est beaucoup plus rapide qu'avec les ondes de 450^m, à tel point qu'elle se traduit souvent par la disparition de simples points ou traits dans la manipulation.

Un phénomène particulièrement frappant est celui d'une variation apparente, continuelle, de la longueur de l'onde reçue, variation qui n'est pas observée par les Américains.

Ondes de 50^m *du* Jacques-Cartier. — Voyage Havre-Mexique, émission à 16^{h}15^m, 18^{h}40^m, 20^{h}15^m T. M. G. Coucher du soleil sur le récepteur le jour du départ : 17^{h}20^m, le jour du retour : 18^{h}30^m.

Les premiers jours l'audibilité très puissante est la même pour les trois émissions; elle décroît quand la distance augmente. A 2000^{km}, je cesse brusquement d'avoir l'émission de 16^h et à 3500^{km}, je perds tout contact. Au retour je reprends le contact à 20^h à 4500^{km}, à 18^h à 3500^{km} et à 16^h à 2000^{km}. Il est à remarquer que, malgré le retard de l'heure du coucher du soleil, le contact a été repris à des distances au moins égales à celles pour lesquelles il avait été perdu.

La reprise de contact s'est effectuée d'une façon très brutale.

J'attendais depuis 20^{h}15^m sur l'onde annoncée, lorsqu'à 20^{h}20^m en plein texte, l'émission est apparue, faible (audibilité 200) puis a crû rapidement; 10 minutes après, l'audibilité atteignait 1500.

Sur cette onde, scintillation rapide et profonde, et houle très marquée. En mars, le creux s'est manifesté pendant le jour.

Ondes de 50^m *de Casablanca.* — Distance : 1700^{km}; l'heure de l'émetteur est en avance de 30 minutes. En mars, avril, mai, ce poste a émis tous les jours à 8^{h}30^m, 14^{h}30^m et 19^{h}30^m.

Je n'ai jamais pu l'entendre à 14^h. L'admission de 8^{h}30^m bonne en mars, a diminué progressivement d'intensité pour s'éteindre dans les premiers jours d'avril. L'émission de 19^{h}30^m est toujours aussi puissante (audibilité

de 1500 à 2000), bien qu'actuellement il fasse jour sur le trajet Casablanca-le Mans.

Scintillation très nette et houle bien marquée.

Ondes d'Issy-les-Moulineaux. — Ce poste fait tous les jours des émissions simultanées de très longue durée sur plusieurs ondes de longueurs voisines de 50^m.

En janvier, février et mars, la réception très puissante de jour a été nulle toutes les nuits. L'extinction très brutale des ondes de 50^m (l'audibilité passant de 2000 à 50 en 3 minutes) a eu lieu en janvier avant le coucher du soleil; en février et mars, 2 à 3 heures après; en avril, 4 et quelquefois plus de 7 heures après.

Brusquement en avril la réception de jour, jusqu'alors puissante, s'est annulée et actuellement il y a extinction presque complète entre 9^h et 16^h.

Dans le même temps la réception sur 48^m est restée bonne. Des graphiques traduisant les variations d'audibilité sont identiques de forme mais décalés, l'onde de 48^m étant en avance de 2 heures sur celle de 50^m.

Les phénomènes sont de même nature avec deux ondes de 50 et de 49^m; puis de 50 et de $49^m,50$; mais le décalage diminue, il n'est plus que de 20 minutes entre ces deux dernières.

Le phénomène de scintillation me paraît dû à la très basse atmosphère : en effet en faisant fonctionner un émetteur de puissance très faible et très stable, j'ai constaté une scintillation très nette à une distance de 1^{km} seulement.

RADIOACTIVITÉ. — *Remarques sur l'origine de la radioactivité.* Note (¹) de M. E. Briner.

L'origine des causes qui provoquent la destruction des éléments radioactifs, c'est-à-dire la radioactivité, a rencontré certaines difficultés d'interprétation (²).

Deux théories explicatives ont été proposées. La théorie classique est celle de l'atome spontanément explosif. Lorsqu'à l'intérieur de l'atome, un ensemble de conditions est réalisé par suite d'un hasard, — un hasard interne suivant l'expression de H. Poincaré, — l'atome radioactif perd sa stabilité et se transforme en dégageant les colossales quantités d'énergie

(¹) Séance du 18 mai 1925.

(²) Sur l'exposé de ce problème, cf. notamment Becquerel, *La Radioactivité*, Paris, 1924.

que l'on sait (3,7 millions de calories par gramme de radium désintégré en plomb et hélium). Mais cette émission intense d'énergie, lors de la destruction de l'atome, est ou paraît être inconciliable avec l'un des fondements des conceptions atomistiques actuellement admises : la synthèse prodigieusement exothermique des éléments à partir de leurs constituants primordiaux (protons et électrons).

Cette contradiction, apparente ou réelle, est levée par l'interprétation que J. Perrin a développée comme extension de sa théorie radiochimique des éléments chimiques. D'après ces vues, les dédoublements atomiques ne seraient exothermiques qu'en apparence; à l'instar des destructions moléculaires, ils seraient non seulement provoqués par les radiations, mais ils recevraient en outre l'énergie qu'ils mettent en œuvre de ces radiations mêmes, dont les fréquences devraient alors être très élevées (de l'ordre de 10^{21} selon les calculs de J. Perrin). Cependant, comme un contrôle expérimental [1] n'a pas apporté à J. Perrin une vérification catégorique de la non-spontanéité de la radioctivité, le problème reste incomplètement élucidé.

Pour contribuer à le résoudre, nous voudrions attirer l'attention sur un point, qui, à notre connaissance du moins, n'a pas été suffisamment pris en considération, savoir que l'atome, tout en étant de formation prodigieusement exothermique, doit pouvoir encore donner lieu à des transformations fortement exothermiques.

Cette proposition découle directement des phénomènes présentés par la destruction des molécules chimiques; celles-ci en effet forment des complexes d'atomes, qui, vis-à-vis d'actions énergétiques modérées, laissant les atomes intacts, sont comparables par bien des côtés aux atomes eux-mêmes, édifices complexes aussi vis-à-vis d'actions beaucoup plus puissantes. Or, ainsi que nous l'avons relevé [2], la molécule chimique est fortement exothermique à partir des atomes; elle se détruit en systèmes plus simples par des transformations qui peuvent être elles-mêmes exothermiques.

Exemple. — La molécule-gramme d'ozone [3] dont la formation à partir

---

(1) J. Perrin, *Notice sur ses travaux scientifiques*, p. 90.

(2) E. Briner, *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 1149; 157, 1913, p. 280. Mémoires détaillés. *J. Ch. phys.*, 12, 1914, p. 109, et 13, 1915, p. 465.

(3) L'ozone est un corps classé comme endothermique, mais l'endothermicité des composés provient, comme on l'a montré dans les publications ci-dessus indiquées, de ce que l'on considère généralement leur chaleur de formation à partir des molécules d'éléments; à partir des atomes, ces composés redeviennent fortement exothermiques conformément à la règle.

des atomes est très exothermique (148^{cal}) dégage 32^{cal} en se transformant en molécules oxygène O^2; la molécule de nitroglycérine dont la chaleur de formation à partir des atomes est de 1680^{cal} fournit 360^{cal} par sa destruction explosive en molécules CO^2, H^2O, N^2 et O^2 ([1]).

Si nous considérons maintenant à ce même point de vue la désintégration complète du radium, l'équation qui la représente thermochimiquement :

$$\mathrm{Ra} = 5\,\mathrm{He} + \mathrm{Pb} + \mathrm{Q},$$

n'implique pas, malgré le dégagement énorme d'énergie ($Q = 830$ millions de calories), que la formation de l'atome de radium à partir de ses constituants primordiaux soit endothermique, mais simplement que cette formation, qui doit être colossalement exothermique, l'est cependant moins (de Q calories) que celle du système $5\,\mathrm{He} + \mathrm{Pb}$.

Il n'y a donc pas incompatibilité entre l'atome radioactif, de destruction si riche en énergie, et l'atome de formation exothermique, imposée par les doctrines atomistiques modernes. La cause qui provoque la transformation, hasard interne (théorie classique) ou radiation (J. Perrin), et qui reste imprécisée, n'a donc pas à fournir l'énergie mise en œuvre, celle-ci étant à disposition dans l'atome même.

Les transformations intra-atomiques avec libération d'énergie ne sont d'ailleurs pas limitées aux atomes radioactifs. Dans la désintégration des atomes Al et P, réalisée par Rutherford, les noyaux H produits possèdent une énergie supérieure à celle qui est apportée par l'agent de désintégration, les particules α. Les atomes des divers éléments présentent donc, selon les remarques de G. Urbain ([2]), tous les degrés de stabilité; en cela ils sont comparables aussi aux molécules chimiques.

D'autres rapprochements se présentent encore à l'esprit entre l'évolution des molécules et l'évolution des atomes, notamment : la participation, si souvent constatée, d'une même espèce moléculaire à plusieurs réactions simultanées de destruction, correspond au phénomène des bifurcations radioactives; la libération très fréquente dans les molécules, particulière-

---

([1]) Pour le mode de calcul des chaleurs de formation à partir des atomes, voir mes publications citées plus haut; des données résultant de travaux plus récents ont été utilisées comme chaleurs de formation, à partir des atomes, des molécules-grammes des corps suivants : N^2 (200^{cal}), O^2 (120^{cal}), H^2O (213^{cal}), CO^2 (390^{cal}).

([2]) G. Urbain, *Les notions fondamentales d'élément chimique et d'atome*, Paris, 1925, p. 109.

ment les molécules organiques, de groupements très stables et fortement exothermiques (tels H^2O dans les condensations internes) est comparable à la libération, dans les transformations atomiques, de l'atome d'hélium, groupe prodigieusement exothermique à partir de ses constituants ultimes (¹).

RADIOACTIVITÉ. — *Contribution à l'étude de l'isotopie du plomb.* Note (²) de Mlle **Berthe Perrette**, présentée par M. Deslandres.

La présente Note résume les résultats obtenus dans l'étude comparative d'un plomb d'origine radioactive et d'un plomb ordinaire, extrait de la galène, au point de vue de la densité et du spectre lumineux. Plusieurs recherches ont été faites antérieurement à l'étranger (³) en vue de mettre en évidence de petites différences possibles de longueurs d'ondes entre les raies correspondantes émises par des atomes isotopiques. Les résultats obtenus, en général positifs, ne semblent pas tout à fait concordants d'un auteur à l'autre, et même entre les différentes expériences d'un même auteur (Merton).

La raie λ 4058 du plomb a été spécialement étudiée par Aronberg sur un plomb de la carnotite australienne de poids atomique 206,310 et par Merton sur divers plombs de la thorite, de la pechblende et de la carnotite. Les autres raies principales du plomb n'ont encore été étudiées que par Merton sur un plomb de la carnotite dont il ne donne pas le poids atomique.

Les mesures de densités des plombs isotopiques ont surtout été faites par Richards et Wadsworth (⁴) sur le plomb de la carnotite australienne

---

(¹) Selon les calculs de J. Perrin (*Atomes et éléments*, Rapport publié par l'Institut Solvay, 1921, p. 74), la formation de l'atome-gramme de He à partir de H dégage près de 700 millions de grandes calories. La formation, à partir de l'hydrogène, de la quantité d'hélium libérée dans la transformation intégrale de l'atome-gramme de radium, en dégagera donc cinq fois autant, soit à peu près quatre fois plus que l'énergie fournie par cette transformation. On se rend compte par ces chiffres de l'énormité de l'énergie disponible dans l'atome, dont une partie seulement apparaît lors de son évolution.

(²) Séance du 18 mai 1925.

(³) Aronberg, *Astrophys. Journ.*, 47, 1918, p. 96. — Merton, *Proc. Roy. Soc.*, 91, 1915, p. 198; 96, 1920, p. 388; 100, 1921, p. 84.

(⁴) Richards et Wadsworth, *J. Am. Chem. Soc.*, 38, 1916, p. 2613.

de poids atomique 206,3 et de la clévéite de Norvège de poids atomique 206,08, et par Soddy sur le plomb de la thorianite.

J'ai fait des mesures analogues sur un échantillon de plomb extrait de la pechblende du Haut-Katanga (Congo belge) mis à ma disposition par Mme Curie et dont le poids atomique, déterminé récemment [1] par voie chimique, est 206,14. Le poids atomique du plomb ordinaire, généralement adopté, est 207,20.

1° *Mesures de densités.* — Le plomb étudié a été purifié chimiquement par les méthodes ordinaires, puis libéré à l'état métallique par réduction de l'oxyde par l'hydrogène. Le plomb pur obtenu était ensuite fondu, puis martelé légèrement avec un marteau de bois pour éliminer les bulles. On a purifié et transformé en lingot 36g,128 de plomb de la pechblende, et, par un traitement analogue, 38g,475 de plomb commun de la galène.

Les densités ont été déterminées sur ces deux lingots par la méthode du flacon, à 0°, par rapport à l'eau à la même température. Les résultats obtenus comme moyenne de 10 mesures par échantillon ont été :

Pb commun..................	$d_0 = 11,336_{(3)} \pm 0,0004$
Pb pechblende...............	$d_0 = 11,278_{(4)} \pm 0,0004$

Remarque. — Ces résultats, rapprochés de ceux obtenus pour le poids atomique, vérifient avec un très bon accord la loi de constance du volume atomique pour les éléments isotopiques :

Poids atomique.	Densités.	Volumes atomiques.
207,20.....................	$11,336_3$	18,2776
206,14.....................	$11,278_4$	18,2774

2° *Étude des spectres lumineux.* — La source de lumière utilisée pour la production du spectre du plomb est l'arc à cathode incandescente dans le vide, antérieurement décrit [2]. Les mesures de longueur d'onde ont été faites à l'aide de l'étalon interférentiel Fabry et Perot par mesure des diamètres des anneaux formés par les raies correspondantes de deux isotropes. On a cherché tout particulièrement à exciter les spectres à comparer dans des conditions de pression et de régime électrique aussi semblables que possible, en utilisant deux tubes à vide identiques en relation avec la même canalisation de vide, et un système de miroirs permettant d'envoyer à volonté la lumière de l'un ou l'autre plomb sur l'appareil interférentiel.

---

(1) H. BRENNEN, *Thèse*, Paris, 1925.

(2) BERTHE PERRETTE, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 876.

On procédait ainsi par clichés alternés et rapportait les mesures d'anneaux à une épaisseur de l'étalon rigoureusement identique pour les systèmes correspondant aux deux espèces de plomb. On a également cherché, par l'emploi d'un étalon à couronnes d'invar, à éliminer les corrections dues aux petites variations d'épaisseur optique de l'étalon avec la température, qui eussent été susceptibles d'entraîner des erreurs trop considérables, vu l'extrême petitesse de l'effet isotopique sur les spectres.

On a utilisé un étalon de 10^{mm} d'épaisseur avec les raies λλ 4058, 3740, 3684 et un étalon de 5^{mm} d'épaisseur pour les raies λλ 3640, 3573.

Résultats. — Toutes les raies ont donné une différence dans le même sens avec accroissement de la longueur d'onde en faveur du plomb de poids atomique moindre (plomb d'urane). Le tableau suivant indique, dans la colonne $d\lambda$, la différence des longueurs d'onde : λ du plomb d'urane — λ du plomb ordinaire, pour chacune des raies étudiées.

λ.	$d\lambda$ (en Åu).	Nombre de mesures faites.
4058	0,0076 ± 0,0008	7
3740	0,0070 ± 0,0008	3
3684	0,0073 ± 0,0008	3
3640	0,0072 ± 0,0010	3
3573	0,0068 ± 0,0010	5

Malgré l'apparente décroissance de $d\lambda$ avec la longueur d'onde, on ne croit pas que la précision des mesures permette de croire à une relation de ce genre. Il serait intéressant de poursuivre des mesures dans l'ultraviolet, mais la précision des mesures diminue en même temps que les difficultés techniques augmentent.

On remarquera aussi que toutes les raies étudiées sont des raies d'arc, émises par l'atome neutre, et qu'il serait intéressant d'étudier l'effet isotopique sur des raies émises par l'atome ionisé (raies d'étincelle).

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les particules de long parcours émises par le dépôt actif du thorium.* Note de M. **Nobuo Yamada**, présentée par M. Jean Perrin.

Rutherford et Wood ([1]) ont trouvé par la méthode de scintillation que le dépôt actif du thorium émet un groupe de particules ayant un parcours

([1]) Rutherford et Wood, *Phil. Mag.*, 31, 1916, p. 379; Wood, *Phil. Mag.*, 41, 1921, p. 575.

de 11^{cm},3 dans l'air à 760^{mm} de pression et à 15° C., dans la proportion de 1,5 pour 10000 particules α de 8^{cm},6 de parcours du thorium C′. Rutherford [1] a mesuré le rapport de la charge à la masse, et il a trouvé la même valeur que pour les particules α. Bates et Rogers [2] ont repris cette question, et ils ont déterminé trois groupes de particules α de long parcours, 11^{cm},5, 15^{cm},0 et 18^{cm},4 dans l'air à 760^{mm} de pression et à 15° C., dans la proportion de 220, 47 et 55 respectivement pour 10^6 particules α de 8^{cm},6 de parcours du ThC′.

J'ai recommencé ce travail en employant l'appareil à gaz comprimé, décrit récemment par Mlle Curie et moi [3]. Le dépôt actif du thorium est déposé sur une surface métallique circulaire de 3^{mm} de diamètre, chauffée auparavant environ à 700° C. dans le vide, en l'exposant sous tension au-dessus d'une forte préparation de radiothorium. La surface activée est ensuite chauffée environ à 300° C. dans le vide, et on la place dans l'appareil à la distance de 2^{cm} de l'écran au sulfure de zinc; de l'anhydride phosphorique dessèche le gaz ambiant. On emploie le gaz carbonique comprimé comme écran et l'on détermine le nombre de particules pour diverses pressions de gaz; on exprime en centimètres d'air équivalent l'absorption subie par les rayons entre la source et l'écran.

A cause de la présence des rayons β et γ du Th(B + C), l'écran au sulfure de zinc est un peu lumineux; sur ce fond éclairé, des scintillations d'intensité très faible ne peuvent être décelées.

Pour des pressions de gaz supérieures à celle qui correspond à un pouvoir absorbant équivalent à 11^{cm},5 d'air on n'aperçoit qu'un petit nombre de scintillations qui sont dues à la contamination de l'appareil. Si l'on diminue la pression, les particules commencent à apparaître, elles augmentent très vite en nombre et en luminosité; pour 10^{cm},5 d'épaisseur d'air équivalente leur luminosité devient comparable à celle de particules α de 8^{cm},6 de parcours observées pour le même parcours restant, et leur nombre reste constant de 10^{cm},5 à 8^{cm},6. On trouve le même groupe de particules avec trois sortes de métaux employés comme supports : le nickel, l'argent et l'or. L'extrapolation de la courbe de variation du nombre des particules avec l'épaisseur d'air équivalente donne 11^{cm},5 pour le parcours. Une expérience faite avec une source très faible montre que le nombre de particules α

---

(1) *Phil. Mag.*, **41**, 1921, p. 570.
(2) *Proc. Roy. Soc.*, **105**, A, 1924, p. 97.
(3) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1487.

de $8^{cm},6$ de parcours décroît à peu près de la même manière à la fin du parcours.

On doit conclure de ces résultats que le dépôt actif du thorium n'émet qu'un groupe de particules α de parcours $11^{cm},5$ en plus des rayons α ordinaires. Les deux autres groupes de particules trouvés par Bates et Rogers sont peut-être des rayons d'hydrogène émis par les matières employées dans leurs expériences à cause du bombardement des particules α du dépôt actif.

On a mesuré le rapport $\frac{n_{11.5}}{n_{8.6}}$ du nombre de particules de long parcours au nombre de particules α de parcours ordinaire par deux méthodes : 1° On compte, comme Rutherford et Wood l'ont fait, le nombre de particules α de parcours ordinaire après avoir laissé la source décroître pendant quelques jours (on admet que la source décroît suivant la période du ThB); 2° on mesure indirectement, au moyen de l'appareil à secteur de Mlle Curie [1], le courant de saturation qui correspondrait à l'ionisation totale produite par la source de rayonnement; d'autre part, on compte le nombre de particules α de parcours ordinaire provenant d'une source faible de dépôt actif de la même forme et de la même dimension, placée de la même manière par rapport à l'écran, et l'on mesure directement l'ionisation totale produite par les particules α de cette source.

Le rapport de l'activité des sources, joint au rapport du nombre de particules de long parcours de la source forte au nombre de particules α de parcours ordinaire de la source faible permet de calculer le rapport $\frac{n_{11.5}}{n_{8.6}}$. Si l'on emploie la première méthode, on doit vérifier que l'activité de la source décroît conformément à la loi prévue par la période du ThB : j'ai constaté, par des numérations de particules de long parcours, que le dépôt actif décroît régulièrement au début, mais quand la source devient très faible, la décroissance (mesurée par des numérations des rayons α ordinaires) devient trop lente pour la plupart des sources, ce qui tient à la présence d'une petite quantité du ThX; on trouve alors un nombre trop faible pour le rapport $\frac{n_{11.5}}{n_{8.6}}$.

Pour deux sources sur l'or dont on a vérifié la décroissance régulière, on trouve 2,74 et 2,83 particules de long parcours pour 10000 particules α de $8^{cm},6$ de parcours. Par la deuxième méthode, on obtient 3,11 (argent), 2,67 et 3,37 (or) pour les sources sur l'argent et sur l'or.

On voit que les valeurs trouvées par les deux méthodes différentes con-

---

(1) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1462.

cordent très bien entre elles, et concordent aussi à peu près avec la valeur 2,2 trouvée par Bates et Rogers par la méthode de la fente tournante. Quant à la valeur trouvée par Rutherford et Wood, elle est plus faible, peut-être à cause de l'irrégularité de décroissance de l'activité de la source.

On peut admettre en moyenne 2,9 particules de longs parcours pour 10000 particules α de $8^{cm},6$ de parcours.

Quand on emploie une source très forte qui émet environ 100 particules de longs parcours par minute, on aperçoit quelques scintillations très faibles pour une absorption supérieure à $11^{cm},5$. Ce sont probablement des rayons d'hydrogène; mais à cause de la luminosité générale de l'écran au sulfure de zinc on ne peut pas les compter exactement. Un appareil permettant de dévier les rayons β avec un champ magnétique servira à déterminer leur nombre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'absorption de la vapeur d'eau et de quelques autres vapeurs par la surface du verre.* Note de M. D'HUART, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons publié précédemment en collaboration avec M. Hackspill [1] une méthode d'analyse élémentaire dans laquelle l'hydrogène de l'eau provenant de la combustion d'une substance organique était mis en liberté par la réaction quantitative suivante :

$$CaH^2 + 2H^2O = Ca(OH)^2 + 2H^2$$

et le gaz dosé par mesure de son volume.

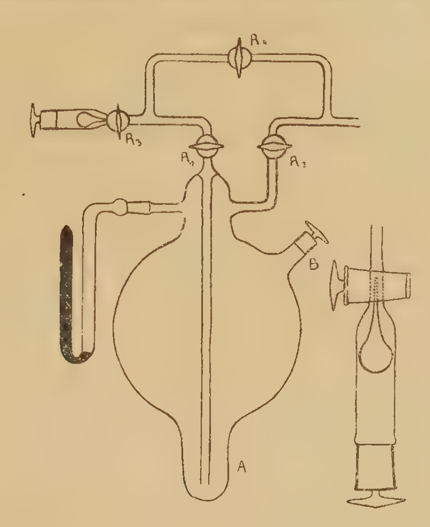
Nous avons pensé que cette méthode très sensible serait applicable au dosage de l'humidité contenue dans le gaz, mais le volume d'hydrogène recueilli est toujours plus petit que celui indiqué par le calcul. Ces faits sont imputables à l'absorption de la vapeur d'eau par la surface du verre.

Nous avons institué toute une série d'expériences destinées à mesurer avec précision ce phénomène. L'appareil construit en verre de Thuringe consiste en une sorte de gros barboteur sphérique d'une capacité de 1000 à 1500^{cm^3} jaugé à $\frac{1}{10}$ de centimètre cube près jusqu'aux robinets R_1 et R_2, présentant à sa partie inférieure un renflement A susceptible d'être introduit dans une éprouvette de Dewar. La pression est indiquée entre 0 et 10^{cm} par un manomètre fixé à l'aide d'un rodage.

---

(1) *Bull. Soc. chim.*, 35, 1924, p. 799.

La tige de ce manomètre est graduée en volumes égaux permettant de tenir compte des changements de volume résultant du déplacement du mercure. Le robinet R_1 et le tube situé à sa gauche sur la figure d'ensemble et à une plus grande échelle sur le côté droit servent à l'introduction d'un



poids *m* d'eau pesée dans une ampoule scellée dont la pointe est brisée par rotation de la clef du robinet après qu'un vide au millième de millimètre a été fait (¹). R_1 et R_3 étant ouverts, R_2 et R_4 fermés, l'eau est condensée en A par refroidissement à $-80°$. R_1 est alors fermé et tout l'appareil placé dans un bain à température constante. Le manomètre indique alors une pression *h* inférieure à H calculée d'après le volume de l'appareil.

A la pression *h* correspondrait le poids *m'* d'eau s'il n'y avait pas d'adsorption et la différence $m - m'$ indique le poids adsorbé par la surface interne de l'appareil. Cette quantité varie peu avec la température entre 14 et 24°, elle est sensiblement proportionnelle :

1° A la surface du verre qu'il est facile de faire varier en introduisant par l'ouverture B de petits tubes soigneusement mesurés ;

2° A la pression de la vapeur ; du moins entre 5^{mm} et la tension de saturation, car dans le vide le plus poussé que l'on puisse obtenir en présence d'anhydride phosphorique il adhère toujours au verre, même après plusieurs heures, un poids d'eau de l'ordre de $0^{mg},009$ par décimètre carré.

Avec des vapeurs autres que l'eau, l'adsorption est beaucoup plus faible,

(¹) Un dispositif analogue a été utilisé par MM. L. Hackspill et A. Couder (*Compte rendu du IIIᵉ Congrès de Chimie industrielle*, Paris, 1923, p. 404).

souvent non mesurable; c'est le cas pour l'alcool, le chloroforme, le benzène et le toluène.

L'appareil que nous venons de décrire peut donc servir à doser rapidement l'humidité dans les gaz, l'hydrogène dans les substances organiques après combustion ou à déterminer la densité de vapeur des liquides très volatils.

Les résultats obtenus pour ces dernières mesures sont beaucoup plus précis que ceux fournis par la méthode de Victor Meyer.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherches magnétochimiques sur la formation des chaînes fermées et des groupements nucléaires dans les composés organiques.* Note de M. **Paul Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La sensibilité de l'analyse magnétochimique rend intéressante l'étude de la désaturation progressive de la molécule, qui aboutit, pour adopter le langage habituel, à l'introduction de liaisons multiples ou à la formation de noyaux. Nous donnons ci-dessous les susceptibilités moléculaires χ_m de composés contenant presque tous un groupe $C^{6-p}N^p$ qui constitue, soit le squelette d'une chaîne ouverte ou fermée, soit un groupement nucléaire; Δ représente le degré de désaturation apporté par les liaisons particulières du radical $C^{6-p}N^p$, λ est le terme de correction à apporter aux formules d'additivité du diamagnétisme.

Δ.		$10^7.\chi_m$.	$10^7.\lambda$.
2.	Hexène C^6H^{12}	— 657	+ 54,5
2.	Cyclohexane C^6H^{12}	— 682	+ 30
2.	Acide hexahydrobenzoïque	— 831	+ 33
2.	Cyclohexanol $C^6H^{11}.OH$	— 728	+ 30
4.	Diméthyl-2.4-hexadiène	— 787	+103
4.	Cyclohexène C^6H^{10}	— 584	+ 69
4.	Cyclohexénol C^6H^9OH	— 641	+ 76
4.	Terpinéol $CH^3.C^6H^8.COH(CH^3)^2$	—1119	+ 71
6.	Diméthyl-2.4-nonatriène	—1088	+ 99
6.	Cyclohexadiène $\Delta_{1.3}$	— 486	+108
6.	Cyclohexadiène $\Delta_{1.4}$	— 487	+107
8.	Benzène C^6H^6	— 550	+ 14,5

	Squelette :	$10^7.\chi_m$.	$10^7.\lambda$.
2.	Azoïques —N=N—	//	+ 18
2.	Bases de Schiff C=N	//	+ 82
2.	Pipéridine C^5N	— 642	+ 36
2.	Pipérazine C^4N^2	— 568	+ 75
4.	Aldazines C=N—N=C	//	+102
4.	Cinnamylidène-aniline C=C—C=N.	—1232	+123
6.	Diphényldihydrotétrazine C^2N^4	—1299	+135
8.	Aminométhyldiéthyldiazine C^2N^4	—1148	— 12,5
8.	Méthyldiphényltriazine C^3N^3	—1548	— 11,5
8.	Triazine-tricarboxylate d'éthyle	—1634	— 21,5
8.	Acide cyanurique C^3N^3	— 544	— 20,5

L'accroissement du nombre des fonctions éthyléniques et la formation de chaînes fermées donnent lieu, comme la polymérisation, à une diminution marquée du diamagnétisme. Ces particularités de structure augmentent donc le moment magnétique résultant de la molécule et correspondent par suite à une dissymétrie croissante de l'édifice électronique.

Par contre, les noyaux diaziniques, triaziniques et benzéniques provoquent une exaltation diamagnétique, qu'il faut imputer, soit au groupement symétrique de trois liaisons éthyléniques, soit plutôt à la présence unique de carbones ou d'azotes tertiaires, dont nous avons constaté l'influence identique dans les composés à la chaîne ouverte.

On notera l'identité presque absolue du rôle magnétique des noyaux $C^{6-p}N^p$ hexavalents. Elle entraîne l'analogie de structure des diazines, des triazines et des dérivés du benzène, et nous montrerons ailleurs que les autres moyens d'atteindre la structure électronique : étude de l'isomorphisme cristallin, étude de l'absorption dans l'ultraviolet, ne font que renforcer cette conclusion.

Remarque. — Dans tout ce qui précède, nous avons admis pour susceptibilité de l'azote combiné notre ancienne valeur : $-55,5.10^{-7}$. Ce chiffre est presque rigoureusement la moyenne des déterminations directes faites par Hector (-59.10^{-7}) et par Také Soné (-50.10^{-7}). Ainsi se trouve généralisée la loi d'additivité du diamagnétisme naturel en combinaison, énoncée par nous il y a quinze ans.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Purification des cyanures de potassium et de sodium. Leur point de fusion.* Note de M. GRANDADAM, présentée par M. H. Le Chatelier.

Au cours d'une étude sur les cyanures alcalins faite en collaboration avec M. Hackspill ([1]) nous avons constaté que les points de fusion de K(CN) et Na(CN) sont fort mal connus et n'ont été déterminés que sur des sels impurs.

Il nous a paru intéressant de combler cette lacune. La neutralisation de l'acide cyanhydrique par la potasse en solution alcoolique ne fournit qu'un produit à 99 pour 100 au maximum ([2]). Nous avons préféré partir du produit commercial à 95 pour 100 environ et le purifier en milieu absolument anhydre. La distillation fractionnée dans le vide préconisée par Bucher ([3]) ne nous ayant pas donné de bon résultat, nous avons essayé la cristallisation dans l'ammoniac liquide. Contrairement aux indications de Bronn ([4]) qui considère les cyanures alcalins comme très peu solubles dans ce réactif nous avons trouvé qu'au voisinage du point d'ébullition (— 33°,5) la solubilité est de 4 pour 100 environ, sensiblement du même ordre de grandeur pour les deux sels étudiés.

Les impuretés habituelles : carbonate, cyanure, hydrate, sont par contre très peu solubles, de cinq à cinquante fois moins.

Il a donc été relativement facile d'obtenir par dissolution et cristallisation KCN et NaCN parfaitement purs. Le dosage à l'argent donnait de 99,9 à 100,1 pour 100.

Restait à trouver un récipient et un couple permettant de conserver cette pureté à l'état de fusion. Les essais faits sur les métaux usuels ont montré que l'or et l'argent sont seuls à être absolument dénués d'action sur les cyanures alcalins fondus en l'absence d'oxygène et d'humidité.

Le couple or-argent possède un pouvoir thermo-électrique faible, mais on peut remédier à cet inconvénient par l'emploi d'un galvanomètre très sensible. Les points de fusion ont donc été déterminés à l'aide de ce couple, les sels étant contenus dans un creuset d'argent maintenu dans l'azote sec.

([1]) HACKSPILL et GRANDADAM, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 130.

([2]) WIGGERS, *Annalen der Chem. und Pharm.*, 29, 1839, p. 65.

([3]) HOHN BUCHER, *Journ. of Ind. Engin. Chem.*, 9, 1917, p. 233.

([4]) BRONN, *Verflüssigtes Ammoniak als Lösungsmittel*, Berlin, 1905.

Nous avons trouvé pour le cyanure de sodium

$$563^\circ,7 \pm 0^\circ,3\,;$$

pour le cyanure de potassium,

$$634^\circ,5 \pm 1^\circ.$$

Wilhelm Truthe ([1]) avait donné, en 1912, 561°,7 et 622° pour KCN à 96,5 pour 100 et NaCN à 97,1 pour 100.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude cinétique de la réduction du bromure mercurique par le formiate de sodium.* Note ([2]) de MM. F. **Bourion** et J. **Picard**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une étude d'ensemble sur les coefficients de température de réactions catalysées et non catalysées, M. Dhar ([3]) a observé quelques anomalies, notamment lors de la réduction du chlorure mercurique par le formiate de sodium, que l'étude cinétique fait considérer comme étant du second ordre, alors que l'équation chimique

$$2\,Cl^2Hg + H.CO^2Na = ClNa + ClH + CO^2 + 2\,ClHg$$

conduit à l'envisager comme étant du troisième ordre.

Nous nous sommes demandé si la réduction du bromure mercurique par le formiate de sodium donnerait lieu aux mêmes phénomènes, et, à cet effet, nous avons réalisé son étude cinétique aux températures de 33° et de 51°, en utilisant la méthode d'isolement d'Ostwald, avec un excès de réducteur. On a dosé, après des temps connus, la quantité de bromure mercurique non réduite, en faisant tomber la liqueur débarrassée par filtration du bromure mercureux, dans un volume connu d'une solution titrée d'iodure de potassium, jusqu'à appparition d'une coloration rouge, produite dès que le bromure mercurique est intégralement transformé en iodomercurate :

$$Br^2Hg + 4\,IK = [HgI^4]K^2 + 2\,BrK.$$

([1]) Wilhelm Truthe, *Zeitschrift f. anorg. Chem.*, 76, 1912, p. 131.

([2]) Séance du 18 mai 1925.

([3]) N.-R. Dhar, *Ann. de Chimie*, 9e série, 11, 1919, p. 130.

Indiquons les résultats obtenus à 33° avec les trois mélanges suivants :

Br^2Hg(0,008 M); HCO^2Na(0,44 M).

Temps (minutes)........	0	30	64	93	224	339	
$10^3 k_1 = \frac{1}{t}\log\frac{a}{a-x} \times 10^3$.		0,907	0,907	0,905	0,903	0,904	(moy. 0,904).
$k_2 = \frac{1}{t}\frac{x}{a(a-x)}$..........		0,268	0,285	0,290	0,332	0,377	

Br^2Hg(0,008 M); HCO^2Na(0,22 M).

Temps.....	0	120	280	423	300	696	
$k_1 \times 10^3$....		0,455	0,453	0,450	0,450	0,447	(moy. 0,451).
k_2.........		0,138	0,146	0,162	0,170	0,184	

Br^2Hg(0,008 M); HCO^2Na(0,11 M).

Temps.....	0	250	452	778	1143	1394	
$k_1 \times 10^3$....		0,227	0,225	0,223	0,221	0,216	(moy. 0,223).
$k_2 \times 10$.....		0,692	0,723	0,788	0,861	0,929	

Il est manifeste que la réaction est d'ordre 1 par rapport au chlorure mercurique.

Pour trouver, selon la méthode d'Ostwald, l'ordre relatif au corps A_2 en excès dans l'équation

$$n_1 A_1 + n_2 A_2 = n'_1 A'_1 + \ldots$$

nous opérons à des concentrations C'_2 et C''_2 de A_2 auxquelles correspondent pour A_1 les constantes k'_1 et k''_1 et l'on en déduit aisément

$$n_2 = \frac{\log k'_1 - \log k''_1}{\log C'_2 - \log C''_2},$$

relation qui, appliquée aux trois couples issus des trois séries précédentes, donne :

$$n_2 = \frac{\log 904 - \log 451}{\log 2} = 1,007; \qquad n_2 = \frac{\log 451 - \log 223}{\log 2} = 1,01;$$

$$\frac{\log 904 - \log 223}{\log 4} = 1,01.$$

L'ordre relatif au formiate de sodium est encore égal à 1 et, au total, la réaction est bimoléculaire. Nous rencontrons donc, avec le bromure mercurique, la même anomalie cinétique qu'avec le chlorure mercurique, puisque l'équation chimique, la même dans les deux cas, laisse prévoir un ordre égal à 3.

L'un de nous (1), en collaboration avec M. Rouyer, a interprété cette anomalie en admettant la formation d'un complexe $[2Cl^2Hg\,HCO^2Na]$ déduite par analogie, de l'existence en solution d'un composé d'un même type $[2Cl^2Hg\,CH^3 - CO^2Na]$ démontrée par des mesures ébullioscopiques.

La similitude remarquable de propriété des bromures et des chlorures autorise à supposer la formation du complexe $[2Br^2AgH.CO^2Na]$ et à écrire l'équation

$$[2Br^2HgH.CO^2Na] + H.CO^2Na = H.CO^2Na + 2BrHg + BrNa + BrH + CO^2$$

à laquelle correspond un ordre égal à 2, conformément à l'étude cinétique.

Une étude semblable faite à la température de 51° a conduit aux mêmes conclusions et a donné pour le couple

$$Br^2Hg(0{,}008M), \quad H.CO^2Na(0{,}11M),$$

un ordre égal à 1 pour le bromure mercurique avec la valeur moyenne 0,00230 pour la constante k_1.

Le coefficient b de la formule de Van't Hoff

$$\log k_t = a + bt$$

se déduit des deux séries correspondantes faites à 33° et à 51° par la relation

$$b = \frac{\log(k_1)_{51} - \log(k_1)_{33}}{51 - 33} = 0{,}0563.$$

D'où, pour le coefficient de température correspondant à un intervalle de 10°,

$$\frac{k_t + 10}{k_t} = 10\,b = 0{,}563, \qquad \text{et} \qquad \frac{k_t + 10}{k_t} = 3{,}65.$$

nombre un peu plus petit que celui 4,03 trouvé par M. Dhar pour le même intervalle de température, dans le cas du chlorure mercurique.

Nous sommes alors en mesure de comparer les vitesses respectives de réduction des chlorure et bromure mercuriques par le formiate de sodium à la même température, par exemple 40°. Il résulte en effet des données de M. Dhar à 40°, que le coefficient de vitesse k de l'équation

$$v = k\,C_1^{n_1}C_2^{n_2}$$

possède la valeur moyenne 0,00989.

(1) F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1908.

De nos propres expériences, nous déduisons pour le coefficient k à 33° la valeur moyenne 0,00204. Pour passer au coefficient k_{40} relatif à la température de 40° on a la relation

$$\log \frac{k_{40}}{k_{33}} = 7 \times 0,0563 = 0,3941; \quad \text{d'où} \quad k_{40} = 0,00505,$$

valeur un peu supérieure à la moitié du coefficient de vitesse qui appartient à la réduction du chlorure mercurique.

Ainsi, à la température de 40° le bromure mercurique est réduit environ deux fois moins vite que le chlorure mercurique par le formiate de sodium.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un nouveau type de borates alcalins : les pentaborates.* Note (¹) de M. V. **Auger**, présentée par M. G. Urbain.

Les types salins connus actuellement, dans lesquels M^1 représente un métal alcalin, sont les métaborates BO^2M, les tétraborates $B^4O^7M^2$, les décaborates $B^{10}O^{16}M^2$, auxquels on peut ajouter les octoborates $B^8O^{13}M^2$ dont Le Chatelier (²) a préparé le sel de Li. En outre, l'étude thermique des mélanges fondus a montré l'existence des sels $B^8O^{13}Na^2$ et $B^6O^{10}Na^2$ (³).

A cette liste devra s'ajouter le type $B^{10}O^{17}M^4$ des pentaborates, dont j'ai étudié les sels de Na et de K.

Pentaborate de potassium $B^{10}O^{17}K^4$, $5H^2O$ ou $B^5O^9K^2H$, $2H^2O$. — Si l'on soumet à de nombreuses cristallisations fractionnées une solution contenant un grand excès de B^2O^3 et du tétraborate de K, on obtient successivement de l'acide borique, du décaborate, et enfin du tétraborate, en opérant entre — 3° et + 80°. Il en est tout autrement si l'on opère au-dessus de 100°; vers 115°-120° les solutions dans lesquelles les rapports des composants sont approximativement 2,5 Bo pour 1 Na, laissent déposer des croûtes cristallines, formées d'un amas de petits prismes microscopiques.

Le produit, séparé par décantation de l'eau mère visqueuse, est broyé puis lavé à l'eau tiède, essoré au vide et séché vers 30°. Sa composition, déterminée par le dosage alcalimétrique, et par pesée après fusion au rouge, correspond à la formule brute $B^{10}O^{17}K^4$, $5H^2O$, mais l'étude de sa déshydratation conduit à la formule dédoublée $B^5O^9K^2H$, $2H^2O$. En effet,

(¹) Séance du 18 mai 1925.

(²) Le Chatelier, *Bull. Soc. chim.*, 21, 1899, p. 35.

(³) Ponomarew, *Zeit. anorg. Chem.*, 89, 1914, p. 383.

si l'on chauffe ce sel à des températures croissantes, on trouve que la teneur en eau s'abaisse, de 40° à 110°, à 11,6 pour 100 correspondant à 4 molécules d'eau et si l'on élève la température jusqu'à 360° la dernière molécule reste fixée et ne part que vers 400°. On doit donc tenir cette portion de l'eau comme faisant partie intégrante du sel, qui devient un sel acide de $B^5O^9H^3$. A la température de 360°-400° le complexe est évidemment détruit, car le produit qui n'a perdu que $4H^2O$ reprend celle-ci très rapidement, à l'air, tandis qu'après chauffage à 400°, il n'a presque plus tendance à s'hydrater : ainsi un échantillon de $3^g,14$ qui perdait 250^{mg} à 300° et les reprenait à l'air en 12 heures, ne reprenait plus que 40^{mg} dans le même laps de temps après déshydratation à 400°.

Ce sel est lentement attaqué par l'eau, même à chaud; la solution évaporée au bain-marie laisse comme résidu une masse vitreuse incristallisable, mais si l'on maintient à 100° la solution sirupeuse, en l'amorçant de quelques parcelles du sel solide, elle reproduit les cristaux prismatiques primitifs.

La formation de ce sel à 115°-120° est tellement facile, qu'elle s'effectue même dans des solutions qui n'offrent pas la même composition : ainsi une solution concentrée de tétraborate de potassium chauffée en tube scellé pendant 10 heures environ à cette température, fournit à coup sûr, si l'on y a introduit quelques parcelles de pentaborate servant d'amorce, un fort dépôt de ce sel cristallisé et une eau mère qui s'est enrichie en alcali. L'analyse du dépôt essoré au vide, sans lavage, a montré qu'il contenait 91 pour 100 de pentaborate, et l'eau mère était formée de 40 pour 100 de tétraborate et 60 pour 100 de métaborate BO^2K.

Sel de sodium $B^5O^9Na^2H, 2H^2O$. — On l'obtient comme le sel de potassium, et son aspect, au microscope, est le même. Il ne nous a pas été possible de l'obtenir tout à fait pur parce que sa stabilité est moindre que celle du potassium, en présence de l'eau.

Si l'on essaie de le laver à l'eau froide, l'eau mère qui l'accompagne se transforme rapidement en borax qui est peu soluble et ne peut être éloigné rapidement; si l'on emploie l'eau chaude, le pentaborate est rapidement attaqué et se dissout. Cependant les résultats analytiques mettent hors de doute sa formule : on trouve pour la perte en eau 17 pour 100 au lieu de 16 pour 100, et le dosage alcalimétrique calculé sur un mélange de tétraborate et de pentaborate indique 98 pour 100 de ce dernier.

La formation de ce sel a lieu, comme pour le précédent, par simple chauffage du borax en présence d'eau à 115°-120° en tube scellé. Les cristaux essorés

rapidement, mais non lavés, contenaient 77 pour 100 de pentaborate et les eaux mères 57 pour 100 de BO^2Na.

Toutefois le champ d'existence du sel de Na est plus restreint que celui du sel de K; en effet, une liqueur présentant la composition du pentaborate sodique, chauffée à 100°, laisse déposer des cristaux formés de l'hydrate à $5H^2O$ du tétraborate octaédrique, et cela malgré un amorçage avec des cristaux de pentaborate. Nous obtenons donc ici un corps de fond plus alcalin et une solution plus acide, à l'inverse de ce qui se passe à 120°.

Des expériences sont en cours pour voir si le rubidium et le cæsium sont susceptibles de donner naissance à des pentaborates : les essais effectués avec les sels de lithium ont échoué.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'hérédité du caractère précocité et sur la conservation de ce caractère dans les graines âgées.* Note de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Guignard.

L'an dernier, j'ai été amené à signaler les faits suivants constatés depuis plusieurs années sur le *Lepidium sativum :* les graines mûries sous châssis donnent, en plein air, des plantes qui poussent plus rapidement que celles qui proviennent de graines mûries en plein air. J'ai trouvé là une amorce à la production de primeurs [1].

Cette année, je cherche à vérifier ces faits par des cultures spéciales. Je laisse de côté celles que je fais avec d'autres plantes que le *Lepidium sativum* et qui ne peuvent donner de résultats qu'en 1926; mais je profite des nombreuses expériences que j'ai répétées chaque année depuis 1911 avec ce *Lepidium* soumis à l'action de la salure et dont j'ai gardé les graines, pour faire 40 cultures en plein air, dans deux stations différentes pour établir des contrôles, et ce sont les premiers résultats que je donne dans cette Note.

Ces cultures sont groupées par trois : deux provenant de graines mûries sous châssis sur des plantes salées et sur des plantes témoins non salées, la troisième provenant de graines de plantes toujours cultivées en plein air.

Voici, en ce qui concerne la station du Jardin des plantes de Rennes, un tableau qui donne, avec les numéros des cultures actuelles, l'année de la

---

(1) Pierre Lesage, *Sur la précocité : étapes du caractère provoqué au caractère hérité définitivement fixé. Application à la production de primeurs* (*C. R. de l'Ac. d'Agriculture*, 10, 11 juin 1924, p. 701).

maturation sous châssis, les années de culture et le numéro d'ordre des générations successives en plein air après culture sous châssis, la taille de la tige au-dessus du sol au 7 mai et au 22 mai 1925.

Numéros des cultures.	Cultures sous châssis.	Générations successives en plein air après culture sous châssis. 1re.	2e.	3e.	4e.	Hauteur de la tige au 7 mai.	22 mai.
							mm
281.......	1919	1922	1923	1924	1925	0	295
282.......	1919	1922	1923	1924	1925	0	335
283.......	"	"	"	"	"	0	0
284.......	1919	1922	1924	1925	"	0	295
285.......	1919	1922	1924	1925	"	0	350
286.......	"	"	"	"	"	0	0
315.......	1923	1924	1925	"	"	0	315
316.......	1923	1924	1925	"	"	0	325
317.......	"	"	"	"	"	0	0
318.......	1924	1925	"	"	"	0	305
319.......	1924	1925	"	"	"	0	360
320.......	"	"	"	"	"	0	0
320 A.....	1918	1925	"	"	"	0	240
320 B.....	1918	1925	"	"	"	0	270
320 C.....	"	"	"	"	"	0	0

On voit, par ce tableau, que la précocité est nettement établie en comparant les hauteurs et, je dois l'ajouter, par ce fait que les plantes issues de graines mûries sous châssis sortent des boutons depuis le 15 ou le 16 mai et fleurissent quand les plantes toujours de plein air ne commencent à sortir leur tige de la rosette des feuilles basilaires que depuis le 23 mai.

Quinze cultures de contrôle de la deuxième station confirment ces résultats.

On voit encore que le caractère précocité est hérité jusqu'à la quatrième génération de plein air et il ne semble pas qu'il aille en s'atténuant.

Enfin, d'après le cinquième groupe comprenant les numéros 320 A, 320 B, 320 C, et d'après des cultures spéciales faites à la deuxième station, les graines âgées conservent ce caractère précocité et le manifestent encore, en première génération de plein air, 7 ans, 6 ans, 4 ans et 2 ans après leur maturation sous châssis.

Je me contente de signaler ces résultats et je néglige, pour le moment, les différences qui se voient entre les plantes issues de graines mûries sous châssis sur les plantes salées et sur les plantes témoins, réservant la question de salure pour une autre étude.

BOTANIQUE. — *Sur les antipodes et la région chalazienne de l'ovule des Dipsacées.* Note [1] de M. **P. Lavialle**, présentée par M. Guignard.

En décrivant récemment [2] le développement du sac embryonnaire des Dipsacées, parmi lesquelles le *Knautia arvensis* Coult. a été pris comme type, j'ai montré : 1° que les cellules du tapis se dédoublent, au niveau et autour des antipodes, pour former un manchon dont les éléments, assez fortement dilatés dans la partie supérieure, ont un contenu jaune, très dense, qui est versé dans le sac embryonnaire ; 2° que l'antipode interne s'hypertrophie, se remplit d'une substance jaune, puis s'ouvre pour verser son contenu dans le sac. L'hypertrophie porte ensuite sur l'antipode sous-jacente qui, à son tour, se détache et s'ouvre. Le même phénomène se renouvelle encore deux ou trois fois, pendant que des cloisonnements maintiennent le nombre des antipodes à cinq environ.

La substance jaune contenue dans les antipodes et dans les cellules du

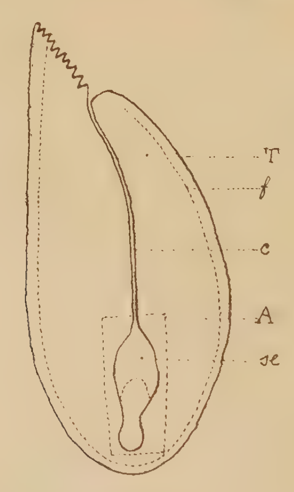


Fig. 1. — *Knautia arvensis.* — Coupe longitudinale de l'ovule : T, tégument; *f*, faisceau nourricier; *c*, canal micropylaire; *se*, sac embryonnaire; A, partie représentée en détail dans la figure 2. Gross. 66.

manchon antipodaire, trouve son origine dans la région chalazienne, pendant le développement du sac.

La chalaze n'est séparée du faisceau nourricier de l'ovule et de l'épiderme

---

(1) Séance du 18 mai 1925.

(2) P. Lavialle, *Sur le sac embryonnaire des Dipsacées* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1127).

externe du tégument que par un petit nombre d'assises de cellules isodiamétriques (*fig.* 1). Dès que la répartition des huit noyaux dans le sac

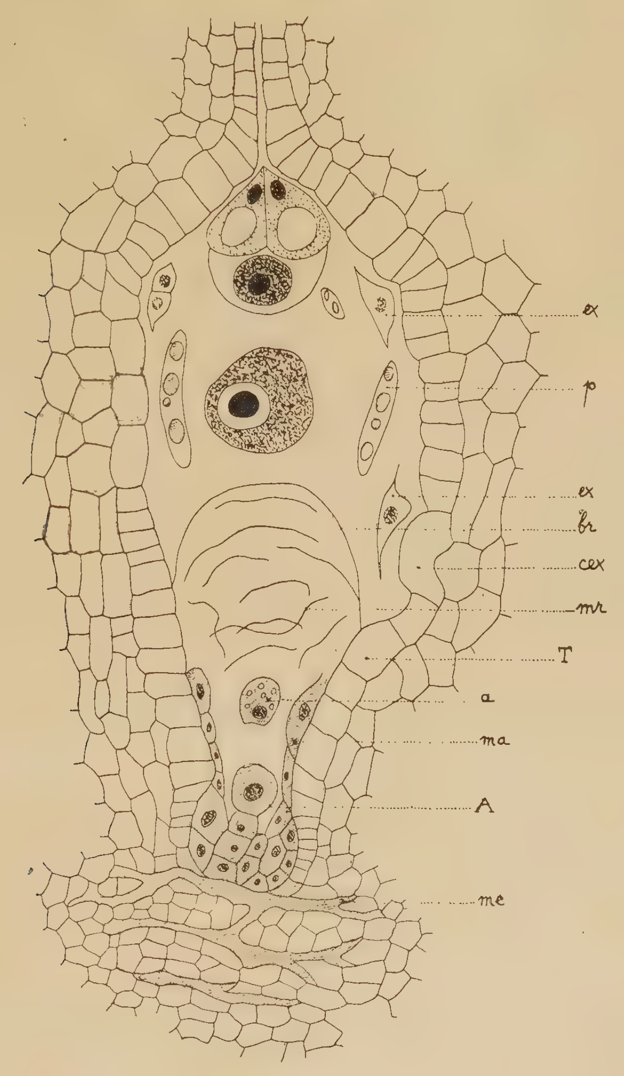


Fig. 2. — *Knautia arvensis*. — Détail de la partie A de la figure 1; *ex*, cellules du tapis exfoliées et en voie de résorption; *p*, plastides à enclaves jaunes; *lr*, limite de refoulement du contenu normal du sac, par les produits libérés à la base du sac; *cex*, cellule du tapis en voie d'exfoliation, et, au-dessous, cellule de remplacement; *mr*, débris des membranes des cellules résorbées à la base du sac; T, tapis; *a*, antipode libérée; A, série d'antipodes, l'interne dilatée; *ma*, manchon antipodaire; *mc*, méats chalaziens. Gross. 375.

jeune est effectuée, on assiste à une multiplication des cellules de la chalaze, au voisinage immédiat des antipodes. Il en résulte un tissu, d'abord homogéne, assez serré et formé de petits éléments. Tous les contenus cellulaires

sont encore incolores dans cette région, de même que le contenu des antipodes et que celui des cellules du manchon antipodaire.

Peu après, on voit les cellules chalaziennes et sous-chalaziennes situées, entre la boucle vasculaire de l'ovule et le sac, se séparer les unes des autres en de nombreux points, de façon à former des méats allongés, ramifiés et anastomosés. Ces méats grandissent et se remplissent complètement d'une substance jaune transparente.

Il paraît hors de doute que les substances nutritives, apportées par le faisceau nourricier de l'ovule, sont élaborées par les cellules voisines du faisceau et que la substance jaune contenue dans les méats est le résultat de cette élaboration.

Les antipodes et les cellules du manchon antipodaire se remplissent aussitôt de cette même substance. Les antipodes inférieures sont, d'ailleurs, plongées dans cette zone nourricière, et les échanges peuvent s'y établir avec facilité (*fig*. 2).

La destruction des antipodes et des cellules du manchon antipodaire aboutissent à l'accumulation, au fond du sac, de produits dans lesquels on retrouve fréquemment les débris jaunes des contenus cellulaires. Cependant, la petite quantité de ces débris ne paraît pas en rapport avec le nombre des cellules détruites. Mais, par contre, on voit s'accumuler pendant le grossissement du sac, surtout dans la région équatoriale, des éléments figurés ayant quelque ressemblance avec une saucisse, plus ou moins longs, capables d'accroissement et de division, au sein desquels se trouvent des globules jaunes plus ou moins gros et nombreux (*fig*. 2).

Ces plastides à enclaves globuleuses jaunes paraissent avoir puisé la substance de celles-ci dans la région inférieure du sac. Leur formation précède immédiatement la fécondation.

PHYSIOLOGIE. — *Hydratation cellulaire et vitalité.*
Note [1] de M. **Jules Amar**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Un ensemble de faits, rigoureusement concordants, sur les facteurs de coagulation du protoplasma, nous a permis de formuler une loi d'évolution vitale [2].

---

[1] Séance du 11 mai 1925.

[2] Jules Amar, *Revue générale des Colloïdes*, 2, 1924, p. 294 et 329 (nos **12** et **13**) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 465, 870.

Voici quelques résultats nouveaux à ce sujet :

I. *Eau des tissus.* — Comparons *tissus énergétiques* (cerveau, cœur, muscles) et *tissus végétatifs* (foie, intestin, os). Sur cobaye adulte, par exemple, nous trouvons les moyennes ci-dessous.

Expériences. — Les organes sont isolés et débarrassés du sang, puis mis à sécher sous la *cloche sulfurique*. Au bout de 47 jours les poids demeurent fixes. Et l'on a d'après l'ordre décroissant des taux d'hydratation :

	Sang.	Cœur.	Cerveau.	Rate.	Muscle.	Nerf.	Foie.	Intestin.	Os tibial.
Organes frais......	5675 mg	1035 mg	600 mg	325 mg	1320 mg	60 mg	870 mg	590 mg	125 mg
Eau perdue........	4680	840	485	255	1000	45	635	420	25
Hydratation p. 1000.	**824**	**811**	**800**	**784**	**757**	**750**	**730**	**712**	**200**

Il est à noter que le cœur se transforme en une masse cassante schisteuse, à structure lamellaire; tandis que les muscles sont fibreux, onctueux au toucher, comme aussi l'intestin. Mais le cerveau n'a point cet aspect gras, et il répand à la cassure une odeur phosphorée. Le foie est une lame brune semblable à la colle forte; la rate une lame rubis; l'os devient très dur et découvre à la rupture, une surface intérieure huileuse. Quant aux nerfs (des gastrocnémiens), ce sont fétus résistants et souples. L'histologiste aurait intérêt à observer la matière vivante dans cet état de dessiccation qui respecte sa structure réelle.

En tout cas, *les tissus énergétiques ont une hydratation généralement élevée.*

II. *Vitalité des tissus.* — La vitalité des tissus, exprimée par leur intensité respiratoire. correspond-elle à leur hydratation? Ce sont les *plantes* qui, pour le contrôle de nos idées, se prêtent le mieux à l'expérimentation; car elles sont soustraites aux *influences nerveuses* qui accélèrent ou dépriment les réactions. Encore faut-il ne considérer que mêmes organes des mêmes plantes, *riches plus ou moins en eau* de par l'âge et l'origine.

Dans ces conditions, on s'assure que *l'intensité respiratoire augmente avec l'activité végétative ou la vitesse de croissance, toutes deux parallèles à l'hydratation.* Toutes ces valeurs s'abaissent dans les tissus *vieillissants ou chargés de graisses* (Euphorbes, Cactées). L'hydratation s'atténue au cours du développement végétal, plus dans les parties qui se lignifient que dans les autres, demeurant élevée dans celles de la reproduction.

Chez l'animal, l'intensité respiratoire des organes isolés n'est pas connue exactement; les chiffres des auteurs laissent voir néanmoins que :

Les tissus énergétiques respirent plus que les tissus végétatifs. Sur un animal hibernant, respiration et hydratation diminuent.

III. *Relations biochimiques.* — Mayer et Schæffer (¹), constatant que le mouvement de l'eau cellulaire se règle sur l'*indice lipocytique*, qui est la proportion de graisses et cholestérine, en ont conclu que l'indice et l'hydratation sont des « constantes » pour chaque type de cellules, sauf circonstances anormales (inanition, excès de sels). Mais, d'abord, ces deux constantes n'évoluent pas dans le même sens chez cobaye ou lapin, ni poissons (²). Ensuite, l'indice est plus haut dans le cas des anguilles, qui respirent faiblement, que dans celui des oiseaux. Enfin, et dans certaines limites, l'intensité respiratoire augmente avec la température, révélant *une opération diastasique* et pas seulement physico-chimique.

Donc *les lipoïdes ne font que favoriser l'entrée de l'eau dans la cellule, sans remplacer l'énergie propre du colloïde cytoplasmique.*

En 1915, Benedict déclare que l'intensité respiratoire est proportionnelle à la masse protoplasmique active, masse que Terroine et Roche ont définie par le produit de deux facteurs : *Taux protéique* × *Taux de phosphore lipoïdique* (³).

Malgré des évaluations d'oxygène particulières, cette relation s'accuse par des écarts de 30 pour 100.

La vérité, c'est que *le dynamisme colloïdal échange eau et sels* par cette loi d'évolution vitale qui caractérise toute cellule. L'énergie oxydante évolue parallèlement. Et, comme nous l'avions montré (⁴), c'est l'*eau liée* du protoplasma qui en disperse les particules et accroît la vitalité. Cette eau liée représente *le tiers environ* de l'hydratation totale. (L'expérience nous donnait, sur un total de 86 pour 100 d'eau, 31 d'eau liée, dans un tube de 20$^{cm^3}$ d'ovalbumine.) Sur ce protoplasma réagissent évidemment, diastases (*oxydases*) et sels, et autres éléments internes (nerfs) ou externes (température).

Conclusions. — *En résumé, la vitalité des cellules s'exprime par l'intensité des échanges respiratoires au moment considéré. Cette respiration est, en général, plus active dans les tissus énergétiques (cerveau, cœur, muscles); elle y est favorisée par une hydratation élevée et une plus grande concentration oxydasique. C'est seulement*

(¹) Mayer et Schæffer, *Journal de Physiologie*, 15, 1913, p. 542; 16, 1914, p. 1, 22, 203.

(²) Polimanti, *Bioch. Zeitsch.*, 69, 1915, p. 47.

(³) Terroine et Roche, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 225 et 1061.

(⁴) Jules Amar, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 803.

l'eau liée du protoplasma qui entretient le travail des forces osmotiques et le phénomène nutritif, dont l'essence demeure diastasique. Mais les causes biochimiques de cette proportion d'eau liée, comme leur influence sur la tension superficielle du milieu, sont encore indéterminées.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Variations du pouvoir agglutinant d'un immun-sérum mixte sous l'influence du courant continu.* Note de MM. **J. Cluzet, A. Rochaix** et **Th. Kofman**, présentée par M. Desgrez.

I. Nous avons montré [1] que les sérums agglutinants traversés par un courant électrique continu peuvent présenter un pouvoir d'agglutination considérablement augmenté à l'un des pôles et très diminué à l'autre pôle, l'augmentation se produit au pôle positif pour le sérum antiéberthien et au pôle négatif pour le sérum antidysentérique (Flexner). Dans ces expériences, nous avions opéré sur le sérum d'animaux immunisés contre un seul microbe, par conséquent monoagglutinant et tout s'était passé comme si l'agglutinine, ayant le même signe électrique que le bacille correspondant, subissait l'action cataphorétique du courant continu. Dans de nouvelles expériences, nous avons immunisé des lapins avec des microbes de signe électrique différent (Eberth et Flexner). On sait (Widal et Sicard, Castellani, Jules Courmont et Rochaix, etc.) que l'inoculation à un même animal d'un mélange de plusieurs microbes d'espèces différentes fait apparaître dans son organisme des anticorps spécifiques pour chacun d'eux. Il était intéressant de voir comment, sous l'influence de l'électrisation, dans les mêmes conditions, se comporterait ce sérum agglutinant vis-à-vis des deux microbes correspondants et de signe électrique inverse.

Le dispositif d'expérience a été exactement le même que celui que nous avons décrit antérieurement.

Deux lapins sont immunisés en même temps contre le bacille d'Eberth et contre le bacille dysentérique du type Flexner, par injections, à huit jours d'intervalle, de doses progressivement croissantes de culture de ces deux microbes (1 et 2^{cm^3} de chaque culture de 24 heures). Le lapin n° 1 a reçu 7 injections doubles, le lapin n° 2 en a reçu 12 pour obtenir des sérums agglutinants à des taux élevés.

La durée de l'électrisation a été pour les deux sérums de 8 et 10 jours, à 220 volts, l'intensité étant en moyenne de 0,25 milliampère. A la fin de

[1] *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1631.

l'expérience, des prélèvements du sérum ont été effectués au niveau de chaque pôle du tube en Y renversé, pour mesurer le pouvoir agglutinant vis-à-vis du bacille considéré.

Voici les résultats obtenus :

	Eberth.	Flexner.
Lapin n° 1 (7 injections).		
Sérum prélevé au pôle négatif, agglutination complète à	1 pour 1000	1 pour 2000
Sérum prélevé au pôle positif, agglutination complète à	1 pour 10000	1 pour 50
Lapin n° 2 (12 injections).		
Sérum prélevé au pôle négatif, agglutination complète à	1 pour 100	1 pour 50000
Sérum prélevé au pôle positif, agglutination complète à	1 pour 20000	1 pour 50

Ainsi le pouvoir agglutinant s'est montré beaucoup plus élevé vis-à-vis *du bacille d'Eberth*, avec l'échantillon de sérum prélevé au pôle *positif*, chez nos deux animaux en expérience. Il s'est montré, au contraire, beaucoup plus élevé vis-à-vis du bacille dysentérique *du type Flexner* avec l'échantillon de sérum prélevé au pôle *négatif*.

II. Nous avons recherché, d'autre part, si la spécificité du pouvoir agglutinant avait été conservée, même vis-à-vis des microbes apparentés au bacille d'Eberth et au bacille de Flexner et qui peuvent présenter, dans les conditions normales, une coagglutinabilité plus ou moins élevée.

Les deux sérums ont donc été mis en contact avec des microbes de chacune des deux familles et les résultats ont été les suivants :

	Pôle +.		Pôle —.	
	Lapin n° 1.	Lapin n° 2.	Lapin n° 1.	Lapin n° 2.
Famille de l'Eberth.				
Agglutination du bacille paratyphique A	1 p. 20	1 p. 20	1 p. 5	1 p. 10
» du B. para B (type Schottmuler) ...	1 p. 500	1 p. 500	1 p. 200	1 p. 500
» du B. para B (type Aertryck)......	1 p. 50	1 p. 20	1 p. 10	1 p. 50
» du B. enteriditis de Gaertner	1 p. 20	1 p. 20	1 p. 5	1 p. 10
» de la Psittacose Gaertner..........	0	0	0	0
Famille de Flexner.				
Agglutination du bacille Shiga	0	0	0	0
» du B. de Hiss....................	1 p. 50	"	1 p. 2000	"
» du B. de Strong..................	1 p. 50	"	1 p. 200	"

Les coagglutinations, malgré le passage du courant continu dans le sérum, persistent, mais sans qu'on puisse dire si elles sont influencées par l'élec-

trisation au point de vue quantitatif. En tout cas, les taux obtenus indiquent que les sérums étudiés ont conservé leur spécificité habituelle.

III. *Conclusions.* — 1° L'immunsérum observé a présenté une élévation du pouvoir agglutinant au pôle positif, vis-à-vis du bacille d'Eberth, et au pôle négatif, vis-à-vis du bacille de Flexner. Tout s'est passé, dans le sérum possédant un pouvoir agglutinant mixte, comme s'il s'agissait de deux sérums indépendants, et l'élévation du pouvoir agglutinant s'est produite dans le même sens que dans nos expériences antérieures.

2° Malgré le passage prolongé du courant continu, le pouvoir agglutinant spécifique particulier a été conservé vis-à-vis des deux microbes ayant servi à la préparation des animaux.

3° Le phénomène de l'agglutination a conservé toute sa spécificité habituelle et les coagglutinations de groupe observées n'ont paru ni augmentées ni diminuées, comparées à l'agglutination spécifique. Il est d'autre part impossible de dire s'il y a eu augmentation ou diminution de ces coagglutinations à un pôle ou à l'autre.

BIOLOGIE. — *Amixie physiologique et espèces naissantes chez l'Isopode :* Trichoniscus (Spiloniscus) provisorius *Racovitza*. Note de M. A. **Vandel**, présentée par M. F. Mesnil.

J'ai montré [1] que le petit Isopode *Trichoniscus* (*Spiloniscus*) *provisorius* Racovitza se reproduit par parthénogenèse dans le nord et l'est de la France, tandis que, dans les régions méditerranéennes, les deux sexes coexistent, et la fécondation est la règle. Ces colonies parthénogénétiques et bisexuées ont, évidemment, une origine commune, et il existe entre elles, comme je le montrerai ailleurs, tous les intermédiaires. Il était intéressant d'étudier les rapports qui existent entre elles. Aucune différence morphologique ni cytologique (je me suis assuré que le nombre de chromosomes est le même dans les deux cas) ne sépare les individus des deux régions. Il semble que rien ne s'oppose au croisement des deux races. Et cependant les essais de croisements ne m'ont jamais donné que des résultats négatifs. J'ai réuni, à maintes reprises (trente expériences), des femelles parthénogénétiques récoltées à Port-sur-Saône (Haute-Saône) à des mâles recueillis

(1) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 793.

dans le Midi (Toulouse); jamais, les femelles n'ont été fécondées. On pourrait croire qu'une disposition constitutionnelle empêche la fécondation des femelles parthénogénétiques. Mais il n'en est rien. Car ces femelles sont *capables de s'accoupler avec les mâles des régions septentrionales*. En effet, ainsi que je l'ai indiqué dans une Note précédente (1), il existe, dans les colonies parthénogénétiques de Port-sur-Saône, quelques très rares mâles qui représentent une survivance de l'état bisexué primitif. J'ai pu faire quelques expériences avec deux individus récoltés le 5 septembre 1923 : X.25 que j'ai conservé 16 mois, et X.26 qui est mort au bout de 11 mois de captivité. Je les ai réunis à de jeunes femelles vierges récoltées comme eux à Port-sur-Saône. Dans quatre cas, j'ai observé que les femelles placées avec ces mâles se sont accouplées, comme l'établit la présence de spermatozoïdes dans l'ovaire (2).

Les femelles septentrionales sont donc parfaitement capables de s'accoupler, mais elles n'exercent *aucune attraction sur les mâles méridionaux*. La réciproque n'est d'ailleurs pas vraie. J'ai constaté que les mâles septentrionaux s'accouplent avec les femelles du Midi.

Ces expériences montrent que ces deux races, parthénogénétique et bisexuée, ne se croisent plus entre elles (au moins dans un sens), bien que semblables morphologiquement (amixie physiologique) et qu'on doit les considérer comme des espèces naissantes.

C'est un exemple, parmi beaucoup d'autres, que des modes de reproduction différents coexistant dans une même espèce (pœcilogonie) sont capables de la scinder en deux races, puis en deux espèces distinctes.

Ces expériences montrent aussi que l'attraction sexuelle est très limitée chez les *Trichoniscus*. Des différences considérables existent, à ce point de vue, entre les espèces animales, et une simple étude morphologique est tout à fait incapable de décider si deux formes sont ou non susceptibles de se croiser. Certaines espèces où les mâles sont très ardents (Oiseaux, Papillons, etc.) peuvent s'hybrider malgré des différences morphologiques considérables. D'autres au contraire, comme celles qui font l'objet de cette Note, bien que de structure identique, refusent de s'accoupler. Les différences physiologiques et psychiques qui empêchent le croisement entre individus

(1) *Loc. cit.*

(2) Les œufs de ces femelles, déterminés comme œufs parthénogénétiques, n'ont d'ailleurs pas été fécondés.

provenant de colonies différentes sont le premier pas vers l'isolement de deux espèces distinctes. Des variations morphologiques peuvent, dans certains cas, accompagner ces différences physiologiques, mais elles n'interviennent nullement dans la séparation effective des espèces, comme l'ont soutenu plusieurs naturalistes à la suite de Léon Dufour [1].

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur l'antisepsie induite ou, autrement dit, sur l'action microbicide exercée à distance, sans contact matériel, sur une dilution bactérienne par une solution très étendue d'hypochlorite de sodium.* Note de MM. **Philippe Bunau-Varilla** et **Emile Techoueyres**, présentée par M. Jean Perrin.

En 1916, l'un de nous (B.-V.) fut amené à rechercher si des doses d'hypochlorite de sodium, inférieures aux doses alors réglementaires (1 à 4^{mg} de chlore par litre), pouvaient avoir l'effet antiseptique désiré sur les eaux potables, sans leur communiquer le goût caractéristique désagréable du chlore.

Des expériences établirent que le dixième du minimum alors réglementaire était surabondant avec des eaux claires et non surchargées de matières organiques, soit 1^{dmg} par litre.

L'assainissement par l'hypochlorite de sodium est généralement conçu comme le résultat de l'oxydation des matières organiques simultanée à la destruction de la molécule d'hypochlorite de sodium.

Or les très faibles doses voisines de 1^{dmg} de chlore par litre, trouvées suffisantes pour l'assainissement, ne sont pas compatibles avec la théorie de l'oxydation, qui exige la mise en œuvre de quantités considérablement plus élevées.

Nous faisons l'hypothèse suivante :

La molécule d'hypochlorite de sodium, en attaquant la matière organique, doit émettre des rayonnements dont l'action est analogue à celle des rayons ultraviolets sur la vie microbienne, créant autour du foyer d'action chimique une zone étendue de destruction de cette vie microbienne.

---

(1) On trouvera un historique détaillé de la question dans le récent travail de Henri Boulangé [*Recherches sur l'appareil copulateur des Hyménoptères et spécialement des Chalastogastres* (*Thèse*, Nancy), 1924].

Le but de cette Note est de rendre compte des résultats des expériences que nous avons entreprises récemment pour la vérifier.

Première série de vérifications (60 expériences). — Si la destruction de la vie microbienne est conforme à l'hypothèse envisagée, les rayonnements semblables aux ultraviolets doivent, comme ceux-ci, traverser les parois d'un vase de quartz. On devra dès lors être en mesure de réaliser l'antisepsie à distance, sans contact matériel.

On infecta de l'eau avec une culture de bacilles d'Eberth ou de colibacilles. D'autre part, on ajouta des doses faibles d'hypochlorite de sodium à cette même eau non infectée. On prit ensuite deux tubes de quartz, l'un de 12^{mm} de diamètre extérieur, l'autre de 18^{mm} de diamètre intérieur; on introduisit le plus petit dans le plus grand. Dans l'espace annulaire fut versée de la dilution bactérienne, sans hypochlorite de sodium. Dans le tube intérieur fut versée de l'eau additionnée d'hypochlorite de sodium. L'équipage des deux tubes fut ensuite plongé dans la même solution étendue d'hypochlorite de sodium.

En même temps, à titre de témoins, étaient réalisées des installations identiques, mais sans présence nulle part d'hypochlorite. Après 24 heures d'exposition aux rayonnements supposés, on ensemençait en gélose une quantité constante de la dilution bactérienne. La même opération était réalisée avec les témoins.

Si le rayonnement supposé existait, on devait trouver moins de colonies avec les ensemencements supposés irradiés qu'avec les témoins non irradiés. Toutefois, étant donnée l'inégale répartition des microbes au sein de la dilution, il fallait s'attendre à ce qu'on vît parfois apparaître dans les tubes irradiés un nombre de colonies supérieur à celui se trouvant dans les tubes non irradiés. On ne devait attendre l'expression de la vérité que de l'ensemble moyen des résultats.

Il y eut 60 expériences; 51 furent conformes à l'hypothèse et 9 contradictoires. Le nombre des colonies produites par les tubes témoins de ces soixante expériences fut de 16207 colonies, alors que les tubes soumis à l'irradiation supposée en donnèrent 11351 seulement, soit une perte de 29,96 pour 100.

Malgré la grossièreté des moyens employés, l'hypothèse se trouva donc confirmée, alors qu'on avait pris tous les moyens pour éliminer toutes causes d'erreur : obturation minutieuse des zones annulaires, interchangement des tubes témoins et des tubes soumis à l'irradiation supposée.

Deuxième série de vérifications (17 expériences). — On prit des tubes de quartz de la dimension des tubes à pipette, soit de 3^{mm} de diamètre intérieur. Deux groupes de cinq tubes furent remplis de dilutions bactériennes. L'un de ces groupes était plongé dans de l'eau additionnée d'hypochlorite de sodium et l'autre dans la même eau non hypochloritée, à titre de témoin. Après 6 heures d'exposition, ensemencement en gélose, comme il est dit ci-dessus.

Sur 17 expériences une seule fut contradictoire avec l'hypothèse, alors que les 16 autres la confirmèrent. Les témoins donnèrent 2956 colonies, alors que les tubes soumis à l'irradiation supposée en donnèrent 2226, soit une perte de 24,60 pour 100.

Certaines de ces expériences furent réalisées à la lumière du laboratoire, d'autres dans une chambre obscure.

Avec la lumière, les tubes témoins donnèrent 1976 colonies, alors que les tubes supposés irradiés en donnèrent 1646, soit une perte de 16,70 pour 100.

Dans l'obscurité, les tubes témoins donnèrent 980 colonies, alors que les tubes supposés irradiés en donnèrent 580, soit une perte de 40,80 pour 100.

On remarqua en outre que la perte est beaucoup plus grande, soit dans la lumière, soit dans l'obscurité, quand la dilution bactérienne contient peu de germes.

Si l'on divise l'ensemble des expériences en deux groupes caractérisés, soit par la grande, soit par la faible densité de la dilution bactérienne et si l'on prend le chiffre de 100 colonies pour la moyenne des tubes témoins comme la limite commune des deux groupes, on trouve :

	Perte pour 100.
Expériences avec moins de 100 colonies au témoin	39
» plus » »	22

Si l'on fait la discrimination, en outre, pour les expériences faites à la lumière ou à l'obscurité, on a :

	Perte pour 100.
Expériences à la lumière et avec moins de 100 colonies au témoin......	34
» » plus » »	14
Expériences dans l'obscurité et avec moins de 100 colonies au témoin...	52
» » plus » » ...	39

L'ensemble des chiffres résultant des deux groupes d'expériences confirme bien l'hypothèse énoncée plus haut.

A $15^h 40^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 4 mai 1925.)

Note de Mme *L. Randoin* et M. *E. Lelesz*, Variations comparatives de la glycémie artérielle et de la teneur du foie en glycogène chez le Pigeon normal et chez le Pigeon soumis à un régime déséquilibré par manque de facteur hydro-solube B :

Page 1368 (Conclusions), ligne 1, *au lieu de* $0^g,90$, *lire* $1^g,90$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Publications périodiques reçues pendant les troisième et quatrième trimestres 1924, qui n'ont pas été mentionnées sur les listes des premier et deuxième trimestres. (*Suite.*)

Katalog der schweizerischen Landesbibliothek. Bern.
Kodaikanal Observatory Bulletin. Madras.
Kungliga svenska vetenskaps akademiens arsbock. Stockholm.
Kungliga svenska vetenskaps handlingar. Stockholm.

Lick Observatory Bulletin. Berkeley.
Liste des stations de signaux radiotélégraphiques. Paris.
Livret de l'étudiant. Paris.
London University Gazette. London.
Lowell Observatory Bulletin. Flagstaff.
Lunds universitets arsskrift. Lund.
Lycée Henry IV. Distribution solennelle des prix. Paris.

Matériaux pour l'étude des calamités. Genève.
Meddelanden fran Statens meteorologisk hydrografiska Anstalt. Uppsala.
Meddelelser om Groenland. Kjœbenhavn.
Mededeelingen van het prœfstation voor thee. Buitenzorg.
Medicus (Guide-Annuaire). Paris.
Medycyna doswiadczalna i spoleczna. Varsovie.
Mélanges de l'université Saint-Joseph. Beyrouth.
Mémoires couronnés et autres Mémoires publiés par l'Académie royale de médecine de Belgique. Bruxelles.
Mémoires de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon. Lyon.
Mémoires de l'Académie des Sciences de Toulouse. Toulouse.
Mémoires de l'Institut national polonais d'économie rurale. Cracovie.
Mémoires de la Société d'émulation du Doubs. Besançon.
Mémoires de la Société des Lettres, Sciences et Arts de Bar-le-Duc. Bar-le-Duc.
Mémoires de la Société des Sciences et Lettres de Loir-et-Cher. Blois.
Mémoires de la Société géologique de France. Paris.
Mémoires de la Société nationale d'agriculture, sciences et arts d'Angers. Angers.
Mémoires de la Société nationale des Sciences naturelles et mathématiques de Cherbourg. Cherbourg.

Mémoires de la Société royale des Sciences de Bohême. Prague.
Mémoires du Musée royal d'histoire naturelle de Belgique. Bruxelles.
Mémoires et compte rendu des travaux de la Société des ingénieurs civils. Paris.
Mémoires présentés à l'Institut d'Egypte. Le Caire.
Memoirs of the american Academy of arts and sciences. Lancaster.
Memoirs of the archæological survey of India. Calcutta.
Memoirs of the british astronomical Association. London.
Memoirs of the college of engineering. Kyoto.
Memoirs of the department of agriculture in India. Pusa.
Memorial de l'Office national météorologique. Paris.
Memorias de la real Academia de ciencias exactas, fisicas y naturales. Madrid.
Memorias del Museo de ciencias naturales de Barcelona. Barcelona.
Memorie della pontificia Accademia romana dei Nuovi Lincei. Roma.
Memorie della reale Accademia delle scienze del' Istituto di Bologna. Bologna.
Memorie della reale Accademia nazionale dei Lincei. Roma.
Memorie della Societa astronomica italiana. Roma.
Merentutkimuslaitoksen julkaisu. Helsingfors.
Meteorological observations taken at Prospect. Bermuda.
Ministerio de Agricultura. Direccion general de Minas (Boletin). Buenos-Aires.
Minutes of proceedings of the Institution of civil engineers. London.
Mitteilungen aus der medizinischen Fakultæt der Kaiserlich japanischen Universitæt. Tokio.
Monatsverzeichnis der an den deutschen Universitæt und technischen Hochschulen erschiennenen Schriften. Berlin.
Monthly meteorological Bulletin. Hongkong.
Monthly seismological Bulletin. Hongkong.
Mouvement (Le) sanitaire. Paris.

Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Gœttingen. Gœttingen.
National physical Laboratory (Collected researches). London.
— (*Report*). London.
National research council of Japan (Publications). Tokyo.
National research council. Organization. Washington.
Nederlandsch Kruidkundig archief. Verslagen en mededeelingen. Amsterdam.
New-York State agricultural experiment station (Bulletin). Geneva.
— (*Technical bulletin*). Geneva.
New-York State Museum Memoir. Albany.

(*A suivre.*)